



**SAVONIA**

# TUOTANNON OHJATTAVUUDEN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö

TEKIJÄ/T: Tommi Koponen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Tommi Koponen	
Työn nimi Tuotannon ohjattavuuden kehittäminen	
Päiväys 24 January 2019	Sivumäärä/Liitteet 54
Ohjaaja(t) Harri Komulainen, Kai Kärkkäinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Simetek Works Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön aiheena oli tuotannon ohjattavuuden kehittäminen Simetek Works Oy:lle. Tavoitteena oli saada selkeyttä yrityksen tuotantoon ja päästä selville, kuinka tuotannon materiaalivirtaa voisi kehittää pullonkaulojen välttämiseksi.</p> <p>Työ aloitettiin Erikoistumisprojektien 1 ja 2 avulla, joilla saatiin pohjustettua hyvä tietopohja opinnäytetyölle. Opinnäytetyö aloitettiin perehtymällä tuotannonohjauksen teoriaan, layoutteihin, LEAN-toimintamalliin ja benchmarkkaukseen. Tämän jälkeen opittua teoriaa alettiin soveltamaan yrityksen toimintaan. Myös sähköisen tuotannonohjausjärjestelmän käyttöönottoa aloitettiin alustavasti suunnittelemaan yritykselle, josta tulisi varmasti olemaan enemmän hyötyjä kuin haittoja yrityksen toiminnalle.</p> <p>Työn tuloksena saatiin hyviä kehityssuunnitelmia sekä mahdolliset kehitysaskleet, joita yritys voi alkaa hyödyntämään, kun tarve vaatii.</p>	
Avainsanat kehittäminen, tuotannonohjaus, layout, Lean	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Tommi Koponen			
Title of Thesis Development of Production Controllability			
Date	9th of April 2019	Pages/Appendices	54
Supervisor(s) Harri Komulainen, Kai Kärkkäinen			
Client Organisation /Partners Simetek Works Oy			
<p>Abstract</p> <p>The subject of this thesis was the development of production controllability for Simetek Works Oy. The aim was to gain clarity into the company's production and to find out how the production material flow could be developed to avoid bottlenecks.</p> <p>The work was started with Specialization Projects 1 and 2, which provided a good knowledge base for the thesis. The pilot project began with an introduction to the theory of production management, layouts, the LEAN operating model and benchmarking. After that, the learned theory was applied to the company.</p> <p>It was also started to plan the introduction of a production control system, which would surely have more benefits than disadvantages for the company.</p> <p>The work resulted in good development plans and potential development steps that the company can utilize when the need arises.</p>			
Keywords development, layout, production management, Lean			

## ESIPUHE

Haluaisin kiittää ohjaaviaopettajiani Harri Komulaista ja Kai Kärkkäistä sekä tyttöystävääni saamastani tuesta opin-  
näytetyön teon aikana. Erityinen kiitos myös Simetek Works Oy:lle, koska he tarjosivat mahdollisuuden tämän työn  
tekemiseen. Iso kiitos myös heidän porukalle tuesta ja myös siitä, että mahdollistivat työn teon heidän tiloissaan.

## KÄSITTEET

MES	(Manufacturing Execution System) –tuotannonohjausjärjestelmä.
APS	(Advanced Planning System) tuotannonsuunnittelujärjestelmä.
SOP	(Sales and Operations Planning) kysynnän ja tarjonnan tasapainottamisen prosessi.
LEAN	Johtamisfilosofia.
5S	Työpaikkojen organisointiin ja työmenetelmien standardointiin keskittyvä menetelmä.
Layout	Asettelumalli.
Hukka	Arvoa lisäämätöntä toimintaa tai materiaalia.
Kaizen	Jatkuvan parantamisen toimintamalli.
PES	(Planning Efficiency System)
KET	Keskeneräinen tuotanto

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	9
1.1	Simetek Works Oy.....	9
2	TUOTANNONOHJAUS.....	10
2.1	Tuotantojärjestelmän peruseriaate .....	10
2.2	Ohjattavat tekijät tuotannossa .....	11
2.3	Tuotannonohjauksen tavoitteet.....	12
2.4	Hienosuunnittelu .....	13
2.5	Hienosuunnitteluperiaatteita .....	13
2.6	Tuotannon ajoitus .....	14
2.7	Prioriteettisäännöt.....	15
2.8	Ganttin taulu .....	15
2.9	Työntö- ja imuohjaus.....	16
2.9.1	Työntöohjaus .....	16
2.9.2	Imuohjaus .....	16
3	TUOTANNONOHJAUSJÄRJESTELMÄT.....	18
3.1	S&OP-prosessi .....	18
3.2	MES-tuotannonohjausjärjestelmä .....	19
3.3	APS-tuotannonsuunnittelujärjestelmä .....	20
4	LAYOUTSUUNNITTELU.....	22
4.1	Layouttyypit .....	22
4.1.1	Tuotantolinja.....	22
4.1.2	Funktionaalinen layout.....	22
4.1.3	Solulayout.....	23
5	LEAN-TOIMINTAMALLI.....	23
5.1	Hukka .....	25
5.2	Jatkuva parantaminen – Kaizen.....	25
5.2.1	Jatkuva parantaminen käytännössä.....	26
5.3	Virtaus, läpimenoajat ja keskeneräinen tuotanto .....	26
5.4	5S-menetelmä .....	27
5.4.1	5S –portaati.....	28

5.4.2	5S – menetelmän etuja .....	28
5.4.3	Systemaattinen ongelmanratkaisu.....	28
6	BENCHMARKING CASET .....	29
6.1	Mitä benchmarking tarkoittaa .....	29
6.2	Benchmark case 1.....	30
6.2.1	Lähtökohdat.....	30
6.2.2	Ongelmakohdat .....	31
6.2.3	Tuotannonsuunnittelun kehitys.....	31
6.2.4	Osavalmistuksen kehitys.....	32
6.2.5	Hitsauksen keräilyn kehitys .....	32
6.2.6	Hitsauksen kehitys .....	33
6.2.7	Yhteenveto .....	33
6.2.8	Nykytilanne .....	33
6.3	Benchmark FIMECC-tutkimus.....	34
6.3.1	Tuotannon tietojärjestelmät .....	34
6.3.2	Tuotannonsuunnittelu ja –ohjaus.....	35
6.3.3	Lean filosofia ja periaatteet .....	39
6.3.4	Yhteenveto .....	40
7	TUOTANNONOHJAUS SIMETEKILLÄ .....	41
7.1	Tuotannonohjaus toimintakäsikirjan mukaan .....	41
7.2	Tuotannonohjaus käytännössä.....	42
7.3	Kuinka tuotannonohjaus on muuttunut toimintakäsikirjan mallista.....	42
7.4	Tuotannonohjaukseen liittyvät kehitysehdotukset.....	43
8	TUOTANNONOHJAUSJÄRJESTELMÄ TOIMITTAJAT SUOMESSA.....	44
8.1	Toimittajan valintaprosessi .....	44
8.2	Delfoi Oy.....	45
8.3	Skycode Oy .....	45
8.4	SW-Development Oy .....	46
9	MATERIAALIHALLINTO JA VARASTOINTI .....	47
9.1	Kehitysideat.....	48
10	YHTEENVETO.....	49
10.1	Kehityksen askeleet eteenpäin .....	50

11 LÄHDELUETTELO.....	51
-----------------------	----



## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aihe käsittelee tuotannon kehittämistä layoutin ja tuotannonohjauksen avulla Sime-tek Works Oy:lle. Aiheen valintaan vaikuttivat sen mielenkiintoisuus ja mahdollinen linkittyminen jatkon kannalta työelämään. Opinnäytetyöllä tulee olemaan kehittävä sekä opettava vaikutus omaa tulevaisuutta ajatellen.

Opinnäytetyön aiheen määritteli Simetek Works Oy. Aiheelle ei ollut ennalta sovittua projektia tai hanketta. Työ tulee olemaan pääosin kehittämistyö, johon käytetään avuksi tutkimustyön menetelmiä, kuten henkilökunnan haastatteluja.

Työn tarkoituksena olisi saada kehitettyä yrityksen tuotantoa sujuvammaksi sekä selkeämmäksi layoutiin ja tuotannonohjaukseen tehtävillä toiminnallisilla muutoksilla. Tavoitteena on tuoda yritykselle ulkoinen, uudenlaista suuntaa antava näkemys, millaisin keinoin layoutia ja tuotannonohjausta voisi parantaa, jotta tuotantoa saisi edistettyä sekä kuinka yritys jatkossa osaa tunnistaa toimintansa ongelmakohdat ja minimoida ne tarpeeksi ajoissa.

### 1.1 Simetek Works Oy

Simetek Works Oy aloitti toimintansa vuonna 1994. Ensimmäinen tuhannen neliön hallitila valmistui vuonna 2001. Sen jälkeen toiminta ja toimitilat ovat kasvaneet vakaasti. Yrityksen liikevaihto on tällä hetkellä noin 7 miljoonaa euroa. Yrityksen toimitilat Siilinjärvellä Jukolan teollisuusalueella. Yritys työllistää tällähetkellä 55 henkilöä.

Yritys toimii teollisuuden tilaus- ja alihankintakonepajana sekä kunnossapidon kumppanuusyrityksenä. Yritys tarjoaa myös protosuunnittelua ja -valmistusta sekä tuotekehitystä.

Yritys on toimittanut prosessiteollisuudelle lukuisia erilaisia kokonaisuuksia, kuten materiaalin siirtolaitteita, säiliöitä, hoitotasoja ja -siltoja.

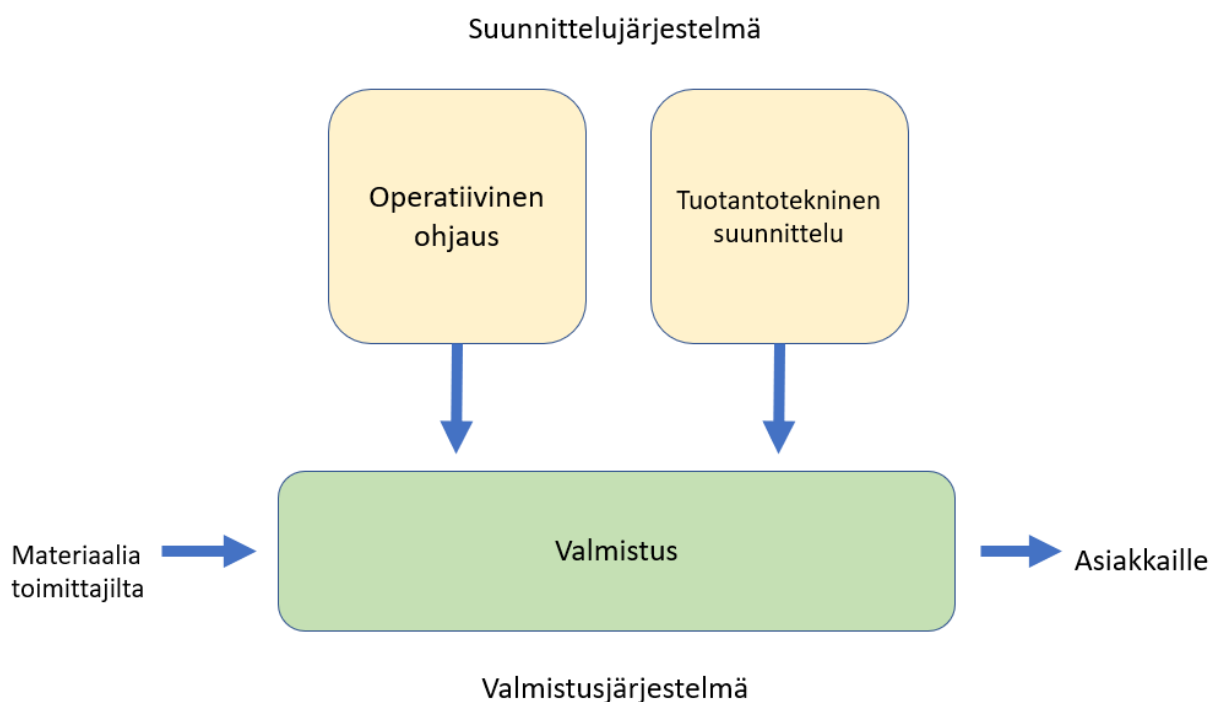
Tyypillisimpiä asiakkaita yrityksellä ovat kaivos- ja puunjalostusteollisuus, lämpö- ja energialaitokset, kone- ja laitevalmistajat sekä rakennusliikkeet ja yksityiset yritykset. (Simetek, 2019)

## 2 TUOTANNONOHJAUS

Tuotannonohjaus menettelyllä yritys pyrkii ohjaamaan tuotantoa niin, että se kykenisi täyttämään tilattujen tuotteiden vaatimukset laadusta, määrästä ja toimitusajasta. Tuotannonohjaukseen perinteisesti sisältyy tuotannon ajoitus, varastojen valvonta ja tuotantokapasiteetin tehokas hyödyntäminen. Nykyisin tuotannonohjaukseen sisällytetään koko toimitusketjun kustannusten ja laadun hallinta sekä tavaravirtojen lisäksi myös informaatiovirrat. Yrityksen valitseman tuotantostrategian toteuttaminen on tuotannonohjauksen tehtävänä. (Tolvanen, 2013)

### 2.1 Tuotantojärjestelmän peruseriaate

Tuotannon perusjärjestelmään kuuluu kaksi toimintoa, valmistusjärjestelmä ja suunnittelujärjestelmä. Varsinainen jalostus toteutuu valmistusjärjestelmässä. Tuotantoteknisellä suunnittelulla ja siihen sisältyvillä työvälinetoiminnoilla saadaan luotua valmistusvalmiudet. Tuotannon operatiivinen ohjaus ajoittaa tuotannon ja antaa toteutusimpulssit. (Lapinleimu;Kauppinen;& Torvinen, 1997, s. 15)



Kaavio 1. Perustuotantojärjestelmä.

## 2.2 Ohjattavat tekijät tuotannossa

Alla olevassa taulukossa (Taulukko 1.) esitetyn määritelmän mukaan tuotannonohjaus voidaan jakaa kahteen eri malliin, perinteiseen ja moderniin.

Taulukko 1. Tuotannonohjauksen perinteinen ja moderni toimintamalli.

Malli	Perinteinen	Moderni
Ohjauksen alaiset tekijät	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tuotannon ajoitus ja valvonta</li> <li>• Varastojen valvonta</li> <li>• Tuotantokapasiteetin tehokas hyödyntäminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kustannusten arviointi ja laadun hallinta koko toimitusketjun osalta</li> <li>• Varastojen hallinta</li> <li>• Tuotantokapasiteetin suunnittelu pidemmällä tähtäimellä</li> <li>• Tuotantokapasiteetin suunnitteleminen ja materiaalityökalujen määrittäminen lyhyellä tähtäimellä</li> <li>• Aikataulujen laatiminen sekä poikkeuksien valvonta ja raportointi</li> </ul>

Perinteisessä mallissa tuotannon ohjaus on kevyempää ja vaivattomampaa, koska toimintoja on vähemmän ja ohjauksessa keskitytään enimmäkseen vain tällä hetkellä tapahtuvaan tuotantoon. Tuotannon tulevaisuutta suunnitellaan maltilla eikä suunnitelmia pidemmälle aikavälille tuotannon suhteen tehdä ollenkaan. Tämän seurauksena voi ilmetä mahdollisia toimitus- tai varastointiongelmia tulevaisuudessa, kun kuormituksessa on jätetty huomiotta kausivaihtelu.

Luokittelu perinteiseen ja moderniin toimintamalliin toimii yhtenä tapana erotella tuotannonohjauksmalleja toisistaan. Näitä toimintamalleja löytyy hyvinkin monta erilaista ja tästä syystä yrityksen täytyy ennen tuotannonohjauksen aloittamista kartoittaa tarkat tiedot omista vaatimuksistaan. Vaatimukset on hyvä rajata, koska toiminnanohjauksessa ja tuotannonohjauksessa löytyy päällekkäisyyksiä, kun nämä kaksi halutaan yhdistää, tulisi molemmilla järjestelmillä olla omat tehtävänsä, ettei joitain toimintoja tarvitse käsitellä molemmilla ohjelmistoilla. Kun haluttavat asiat ovat tiedossa ja mahdollisesti priorisoitu, voidaan aloittaa tuotannonohjauksen syventämisen suunnittelu ja mahdollisen tukiohjelman hankinta. (Tolvanen, 2013)

## 2.3 Tuotannonohjauksen tavoitteet

Tuotannonohjauksen pyrkimyksenä on saada mahdollisimman paljon voittoa saatavilla olevilla resursseilla siten, että yrityksen maine asiakkaiden välillä saadaan ylläpidettyä, tarkoituksella että laatu on korkealuokkaista ja toimitus saadaan hoidettua asiakkaiden toiveiden mukaisesti toistettavasti. Erikokoisiin ja erimuotoisiin tuotantoprosesseihin löytyvät omanlaisensa tuotannonohjausjärjestelmät. Yleensä järjestelmän käyttöönottoa tulisi harkita keskikokoisessa tai sitä suuremmassa yrityksessä, joka tekee sarjatuotannolla tai sarjatuotantotyyppisesti useita samantyyllisiä tuotteita vuoden aikana. Parhaimman hyödyn järjestelmästä saa irti, jos vuoden aikana on useita itsenäisiä projekteja tai jatkuvassa sarjatuotannossa tuotetaan isoja määriä tuotteita. Jos projekteja tai töitä on vain muutama vuodessa, järjestelmä voi osoittautua hyödyttömäksi ja kustannuksiltaan liian suureksi. Yhtenä järjestelmän tarkoituksena on edesauttaa ja nopeuttaa eri osastojen välistä tiedonkulkua. Pienille yrityksille tästä ei saa juurikaan niin suurta hyötyä, koska tieto kulkee vain pienen ryhmän sisällä. Keskikokoisissa tai suurissa yrityksissä tietoa tarvitsee siirtää suuremman ryhmän sisällä, jolloin tuotannon manuaalinen seuranta voi olla hankalaa ilman toimivaa tuotannonohjausjärjestelmää ja tiedonkulkua osastojen välillä.

Tuotannonohjauksen perustavoitteina on:

- Läpimenoaikojen lyhennys
- Toimitusvarmuuden ja laadun takaaminen
- Kapasiteetin tuoton maksimointi
- Vaihto-omaisuuden minimointi
- Poikkeamien valvonta ja raportointi
- Materiaalitarpeiden selvitys ja seuranta.

Läpimenoajalla tarkoitetaan ajan kulumista jonkin toimintakokonaisuuden alkamisesta sen valmistumiseen. Läpimenoaika voidaan määrittää monille kokonaisuuksille kuten tilaukselle, sen valmistukselle, osavalmistukselle tai kokoonpanolle. Läpimenoaika riippuu materiaalihankintojen vaatimasta ajasta sekä valmistuksen läpäisyajasta. Prosessin läpimenoaika aloitetaan laskemaan ensimmäisen vaiheen aloituksesta ja lopetetaan, kun viimeinen vaihe saadaan päätökseen.

Läpimenoajasta käy ilmi yrityksen suorituskyky. Läpimenoajalle asetetaan tavoiteaika, johon aikaan tuote pyritään saamaan valmiiksi. Suorituskyky on hyvin oleellinen mitattava asia yrityksessä. Suorituskyvyn mittaamista voi luonnehtia prosessiksi, jossa mitataan tarkoituksellisen toiminnan tehokkuutta ja toimivuutta. Tuotantoyrityksissä tänä päivänä pyritään valvomaan läpimenoaikoja hyvin tarkasti ja tekemään tarvittaessa parannuksia niiden lyhentämiseen. Suurin ongelma läpäisyajoja lyhennettäessä ovat tuotannon pullonkaulat. Esimerkiksi näitä voi olla tuotteen monimutkaisimmat tai aikaa vievimmat tuotantovaiheet.

Yritys tuottaa palveluita asiakkaille, joten liikesuhteiden kannalta on tärkeää huolehtia tuotteille ja tilauksille sovitusta toimitusajoista.

Tuotantoerien suunnittelulla siten, että keskeiset tuotantoresurssit olisivat mahdollisimman tehokkaasti käytössä, saadaan yrityksen kapasiteetti, eli pääoma, tuottamaan sitä paremmin mitä suurempi tuotanto on. (Haverila;Uusi-Rauva;Kouri;& Miettinen, 2009, s. 401)

## 2.4 Hienosuunnittelu

Hienosuunnittelulla tarkoitetaan valmistuksen yksityiskohtaista suunnittelua. Hienosuunnittelulla saadaan luotua tarkka tuotantosuunnitelma, jonka perusteella tuotteet valmistetaan. Pohjana hienosuunnittelulle käytetään karkeasuunnittelussa tehdyt tuotantoerien karkeat ajoitukset.

Hienosuunnittelussa on tarkoituksena muodostaa tuotantoerät, suunnitellaan tuotantoerän eri työvaiheiden ajoitus sekä laaditaan tarkka suunnitelma resurssien käytöstä. Mahdollisuuksien mukaan voidaan yhdistellä samojen tuotteiden tai osien valmistusta isommiksi sarjoiksi tuotantoerien suunnittelussa.

Eri työvaiheiden sekä vaiheaikojen tunteminen on edellytyksenä työvaiheiden ajoitukselle. Hienosuunnittelun tarkkuusvaatimukselle riippuvaisia asioita ovat tietojen tarkkuus ja yksityiskohtaisuus. Aikaisemmin on ohjattu hyvin tarkasti jopa yksittäisiä työvaiheita. Nykyisin pyritään kehittämään tuotantoprosessin itseohjautuvuutta niin, että hienosuunnittelu kyetään toteuttamaan karkealla tasolla. Tuotantosolut voivat muodostaa esimerkiksi yhden kuormitusryhmän, jota pystytään ohjaamaan kuten yhtä vaihetta.

Tuotannon todellinen tilanne on hyvä tietää tarkasti valmistussuunnitelman laatimiseen. Käytettävissä olevaan kapasiteettiin vaikuttavat eri kuormitusryhmien työjonot, tuotantosuunnitelmien jättämät ja tuotantohäiriöt. Hienosuunnittelun suurimpina ongelmia ovat erilaiset äkilliset muutokset ja häiriöt, jotka vaativat tuotannon uudelleensuunnittelua. Jotta suunnittelu onnistuisi varmempien tietojen pohjalta, hienosuunnittelun aikajännettä olisi hyvä pitää mahdollisimman lyhyenä.

(Haverila;Uusi-Rauva;Kouri;& Miettinen, 2009, s. 417)

## 2.5 Hienosuunnitteluperiaatteita

Tuotannon eri tavoitteet pyritään toteuttamaan mahdollisimman hyvin luomalla työjärjestys tuotantoerien muodostamisella ja ajoittamisella. Tyypillisesti pyritään hyvään toimitusvarmuuteen ja korkeaan tuottavuuteen.

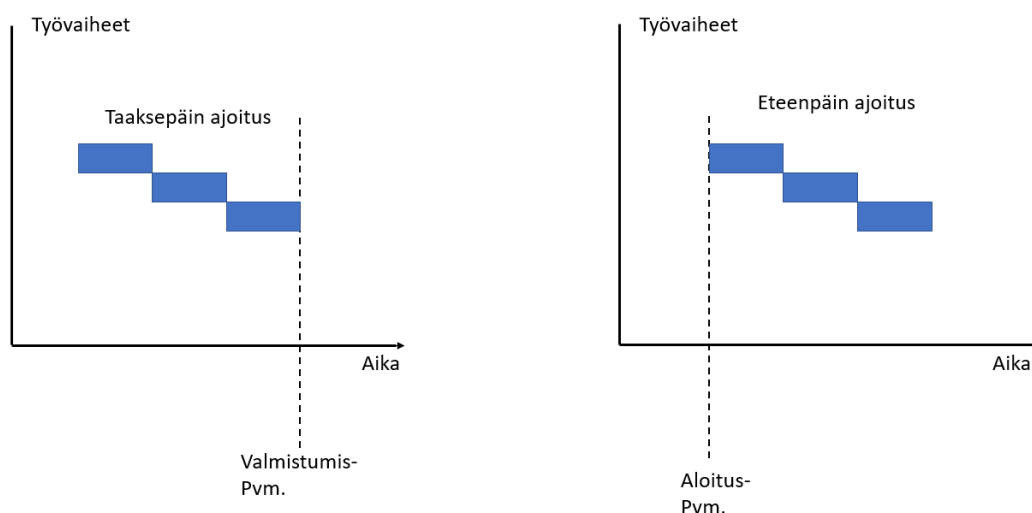
Tuotannossa, jossa asetuskustannukset ovat korkeat, keskeisenä tavoitteena hienosuunnittelussa on minimoida asetusajat ja -kustannukset. Asetusten määrää voidaan vähentää yhdistämällä tuotantoeria. Valmistuksen eräkokojen kasvattaminen saattaa lopulta johtaa läpäisyajan pitenemiseen ja toimitusvarmuuden heikentymiseen.

Kokonaiskapasiteettia rajoittavat pullonkaulavaiheet on hyvä suunnitella huolellisesti, koska koko tehtaan tuotanto kärsii pullonkaulassa menetetyssä tuotannossa. On tärkeää huolehtia tuotannon ajoituksessa siitä, että pullonkaulavaihe ei pysähdy muiden vaiheiden myöhästymisien takia. Tuotannossa, jossa on paljon erillisiä työvaiheita, korkeisiin käyttösuhteisiin pyrkiminen saattaa pidentää helposti läpäisyajoja. Tällöin tulee eteen valinta, tavoitellaanko korkeampaa tuottavuutta vai nopeampia läpäisyajoja. Pullonkaulavaiheissa olisi hyvä painottaa enemmän tuottavuuden maksimointiin. (Haverila;Uusi-Rauva;Kouri;& Miettinen, 2009, s. 418)

## 2.6 Tuotannon ajoitus

Ajoitukseksi kutsutaan tuotannon eri tehtävien suoritusajankohtien määrittelyä. Karkea- ja hienosuunnittelu edellyttävät työtehtävien ajoitusta. Ajoitus pohjautuu tuote-erän vaatimien vaiheajojen laskentaan. Kunkin työvaiheen vaatima aika tuotannossa voidaan laskea kapasiteettitarpeiden perusteella.

Taaksepäin ajoituksessa lähdetään laskemaan suunnitellusta valmistusajankohdasta taaksepäin viimeisen vaiheen vaatima aika ja saadaan viimeisen vaiheen aloitusajankohta. Tästä ajankohdasta päästään laskemaan seuraavien vaiheiden vaatimat ajat. Tällä tavalla käydään koko tuotantoketju läpi. Taaksepäin ajoitusta käytetään useimmin tuotannonohjauksen tietojärjestelmissä. Eteenpäin ajoituksessa tehdään samat vaiheet kuin taaksepäin ajoituksessa, mutta nyt lähtökohtana on aloitusajankohta. Ajoituksen tarkkuutta on mahdollista parantaa käyttämällä siirto- ja odotusaikoja eri vaiheiden välillä.



Kuva 1. Taaksepäin ja eteenpäin ajoitus.

Toiminnanohjauksen tietojärjestelmissä kuvatut perusmenetelmät ovat käytössä. Haittapuolena niillä on, että ne eivät huomioi muita samaan ajankohtaan ajoitettuja tuotantoeriä. Ajoitus ja sitä seuraava kuormitus tehdään rajoittamattomaan kapasiteettiin, mikä ei huomioi muiden tuotantoerien kapasiteettitarpeita. Todellinen kapasiteetti on otettava huomioon hienosuunnittelussa. Tarkemman hienosuunnittelun lähtökohtana voidaan käyttää toiminnanohjausjärjestelmien rajattomaan kapasiteettiin laskettua ajoitusta. (Haverila;Uusi-Rauva;Kouri;& Miettinen, 2009, ss. 418-420)

## 2.7 Prioriteettisäännöt

Priorisointi tarkoittaa jonkin asian asettamista toisen edelle. Työtehtävien valmistusjärjestys valintatilanteessa usein määritellään prioriteettisääntöjen perusteella. Prioriteettisäännöillä pystytään suunnittelemaan yhden kuormitusryhmän kannalta optimaalinen työjärjestys, mutta tämä voi olla huono asia muun tuotannon kannalta. Monet tuotannonsuunnitteluohjelmat voivat tarjota tarkemman suunnittelun lähtötilanteeksi jonkin priorisointisäännöstöllä laaditun ajoituksen. (Haverila;Uusi-Rauva;Kouri;& Miettinen, 2009, s. 420)

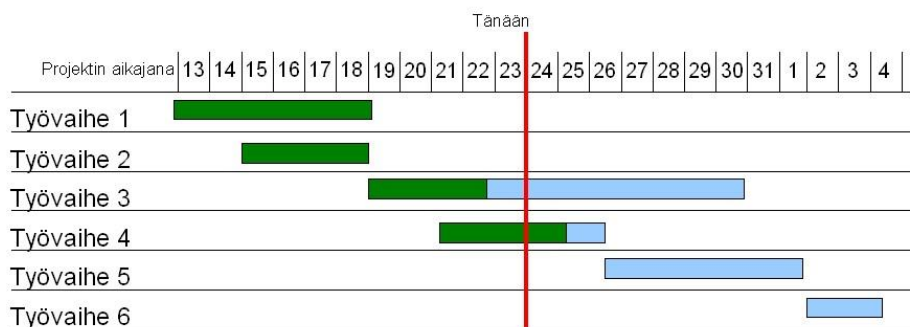
Prioriteettisääntöjä:

- Saapumisjärjestys FIFO (First In First Out)
- Pienin pelivara (toimitusaika-vaiheajat)
- Pienin pelivara/vaiheiden lukumäärä
- Suurin myöhästyminen
- Lyhin työvaihe ensin
- Pisin työvaihe ensin
- Kallein tuote-erä ensin
- Nopeimmin valmistuva ensin
- Aikaisin aloitusajankohta
- Pienin jäljellä olevien vaiheiden lukumäärä
- Suurin jäljellä olevien vaiheiden lukumäärä
- Asetuskustannusten minimointi

## 2.8 Ganttin taulu

Ganttin taulu on kätevä aputyökalu hieno- ja karkeasuunnitteluun, jolla saadaan havainnollistettua yksinkertaisesti suunnittelutehtävää. Ganttin taulua kuvataan magneetti- tai legopalikkatauluna, jossa aika kuvataan vaaka-akselilla ja kuormitusryhmät ovat pystyakselilla. Kunkin tuotantoerän omat työvaiheet ovat samanväriset, jolla helpotetaan tuotannonsuunnittelua. Ganttin taululla on helppoa havainnollisesti kokeilla ”mitä jos”-skenaarioita, eli testataan taulukossa eri tuotantojärjestäyksiä ja arvioidaan eri vaihtoehtojen keskinäistä paremmuutta.

Hienosuunnittelun apuvälineeksi suositellaan käytettäväksi tietokonegrafiikkaa. Markkinoilta löytyy jo lukuisia Ganttin taulun periaatteilla toimivia järjestelmiä. Graafisella käyttöliittymällä on mahdollista suunnitella työjärjestykset nopeasti. Järjestelmällä voidaan ylläpitää reaaliaikaisesti kuormituskirjanpitoa, jolloin eri suunnitelmien toteutuskelpoisuus kyetään arvioimaan välittömästi. (Haverila;Uusi-Rauva;Kouri;& Miettinen, 2009, ss. 420-421)



Kuva 2. Ganttin taulu. (<https://fi.wikipedia.org/wiki/Gantt-kaavio>)

## 2.9 Työntö- ja imuohjaus

### 2.9.1 Työntöohjaus

Työntöohjauksella kuvataan tilannetta, jossa asiakkaan määräämä tarve ei suoranaisesti ohjaa materiaalivirtaa, vaan jokaisen vaiheen toiminnot noudattavat ennalta sovittua suunnitelmaa (Imuohjaus, 2019).

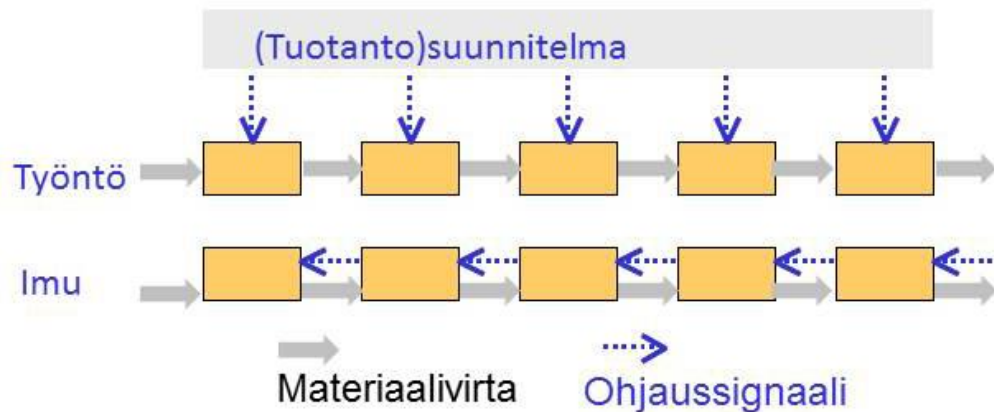
Työntöohjauksella tarkoitetaan ulkoisen suunnittelijan tai suunnitteluorganisaation laatimaa valmistussuunnitelmaa. Suunnitelmalla saadaan ohjattua ja koordinoitua valmistuksen eri tehtäviä ja näin ollen tuotantoerä ”työnnetään” tuotannon läpi. Työntöohjaus tosin on osoittautunut ongelmalliseksi monimutkaisten ja laajojen valmistusketjujen ohjaukseen. Ongelmat havainnollistuvat yleensä todellisen valmistustilanteen ja suunnitelman välisiin ristiriitoihin. Työntöohjaus on hyvin toimiva suunnittelumenetelmä edellyttäen selkeän ja hallittavissa olevan valmistusprosessin, hyvän laadun sekä kurinalaisen toiminnan. (Haverila;Uusi-Rauva;Kouri;& Miettinen, 2009, s. 422)

### 2.9.2 Imuohjaus

Imuohjauksen ajatuksena on, että varastot aiheuttavat ylimääräisiä kuluja ja peittävät prosessien ongelmia, joten niitä pitäisi saada minimoitua (Imuohjaus, 2019).



Imuohjaus perustuu ideaan, että tuotteita ja osia valmistetaan vain sen verran mitä todellisuudessa tarvitaan. Osat "imetään" kokoonpanoon vain silloin kun niitä tarvitaan. Valmistusketjussa tarveimpulssit etenevät lopusta alkuun. Imuohjaus toimii käytännössä nopeasti kiertävien välivarastojen avulla. Imuohjaus toimii optimaalisimmin vakio-osille ja materiaaleille, joiden menekki on suhteellisen säännöllistä. Lyhyt läpäisy aika ja virheetön laatu ovat edellytyksinä imuohjaukselle. Yksikin ongelma valmistusketjussa voi pysäyttää hyvinkin äkkiä koko tuotantoprosessin. (Haverila;Uusi-Rauva;Kouri;& Miettinen, 2009, s. 422)



Kuva 3. Työntö- ja imuohjaus (<http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>)

### 3 TUOTANNONOHJAUSJÄRJESTELMÄT

#### 3.1 S&OP-prosessi

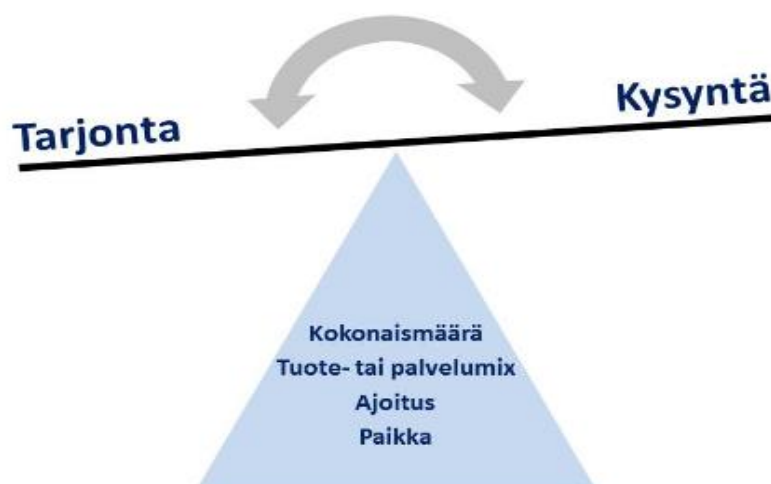
S&OP (Sales and Operations Planning) on prosessi, jonka pyrkimyksenä on saada kysyntä ja tarjonta tasapainoon tekemällä kannattavaa liiketoimintaa. Prosessi ei ole saanut omaa vakituista suomenkielistä nimeä, mutta termin S&OP lisäksi saatetaan viitata usein kysynnän ja tarjonnan tasapainottamiseen (Demand –Supply Balancing).

S&OP on tiedonkeruu-, analyysi-, ja päätöksentekoprosessi, jolla pyritään saamaan tasapaino kysynnän ja tarjonnan välille. Parhaimmillaan prosessissa saadaan integroitua taloussuunnittelu ja operatiivinen suunnittelu, jalkauttaen liiketoimintaan liittyvät strategiset tavoitteet päivittäisiin operaatioihin konkreettisiksi toimenpiteiksi. Pääasiassa prosessilla halutaan kannattava liiketoiminta. Hyvällä S&OP-prosessilla saadaan lisättyä tiedon läpinäkyvyyttä ja saadaan luotua yhteinen näkemys nykytilasta sekä tulevaisuuden kysynnästä ja tarjonnasta. Näiden lisäksi kyetään tunnistamaan poikkeamia, epävarmuustekijöitä sekä tarvittavia päätöksiä.

Käytännössä S&OP-prosessi sisältää kolme keskeistä elementtiä:

- Ennustetaan kysyntää
- Suunnitellaan kysyntää
- Suunnitellaan tarjontaa.

Jos käy niin, että elementit eivät kohtaa, silloin täytyy tehdä erilaisia tasapainottavia toimenpiteitä.



Kaavio 3. Tarjonnan ja kysynnän tasapainotus. ([www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/sop-sales-and-operations-planning/](http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/sop-sales-and-operations-planning/), 9.4.2019.)

S&OP-prosessi käydään läpi tyypillisesti kuukausittain tai jopa viikoittain, jossa katselmoidaan tuotteet, tuotekehitys, tuotehallinta ja markkinointi. Kysynnän suunnittelun apuna käytetään yleensä sekä mennyttä kysyntätietoa, jota tarkastellaan matemaattisesti, että asiantuntijatietoa arvioidusta

tulevaisuuden kysynnästä. Kerätyistä tiedoista ja näkemyksistä muodostetaan kokonaisuus, jota verrataan tarjontaan. Tarjonnassa käydään läpi materiaaleja ja erilaisia toimituskyvykkyyteen vaikuttavia kapasiteetteja, kuten valmistuskapasiteetti tai kuljetuskapasiteetti. Tasapainottavat toimenpiteet usein liittyvät kysyntään, esimerkiksi pyritään lisäämään jonkin tuotteen kysyntää kampanjoiden avulla tai tarjontaan, esimerkiksi pyritään saamaan lisäkapasiteettia tuotteelle, jolla on ennakoitua korkeampi menekki. Kokonaiskuvaa on hyvä tarkastella myös talouden näkökulmasta. Johdon päätöstä vaativat asiat tulee tunnistaa ja ne siirretään valmisteltuina prosessiin liittyvään S&OP-kokoukseen. ([www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/sop-sales-and-operations-planning/](http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/sop-sales-and-operations-planning/), 9.4.2019.)

Tunnusmerkkejä hyvälle S&OP-prosessille on saman tiedon käyttö koko prosessin ajan. Myyntienustet pyritään purkamaan yhdessä, tavoitellen yhteistä päätöstä. Prosessissa usein kannattaa mitata myös sen suoritusta, kuten ennustetarkkuutta.

S&OP-prosessia on suositeltavaa kehittää jatkuvasti, kuten mitä tahansa muutakin liiketoimintaprosessia. (SOP, 2019)

### 3.2 MES-tuotannonohjausjärjestelmä

MES (Manufacturing Execution System) –tuotannonohjausjärjestelmällä tarkoitetaan tietojärjestelmää, joka toimittaa tarkkaa tietoa tuotannosta toiminnanohjauksen ja tuotannonsuunnittelun tarpeisiin.

1980-luvulla huomattiin, että ERP-järjestelmät eivät tarjoa tarvittavia työkaluja, joita valmistajat olisivat tarvinneet tiedonsiirtoon tuotantoympäristöön ja tuotannon tapahtumien seurantaan. Tästä aukesi mahdollisuus MES-järjestelmiksi kutsutuille ohjelmistoille. Viime vuosina MES-järjestelmät ovat kasvattaneet suosiotaan niistä löytyvien työkalujen ansiosta. MES-järjestelmällä saadaan mahdollistettua niin sanottu paperiton tuotanto, jossa ei ole enää tarvetta raportoida paperisesti tai sellalla tulostettuja dokumentteja. (Martin, 2018)

MES-järjestelmä poikkeaa tavallisesta tuotannonohjausjärjestelmästä näyttämällä työntekijälle vain ne tiedot, joita sen hetkiseen työtehtävään tarvitaan. MES-järjestelmä vähentää tuotantoon liittyvien järjestelmien määrää ja tuotannon työntekijän tarvitsee seurata vain yhtä näkymää. (Ratkaisut, 2019)

Erilliset tuotantosolut ja työpisteet vaativat erilaista tietoa työn suorittamiseen. Näitä tietoja yleensä ovat tuotepiirustukset, työohjeet, tarkastusohjeet, työjonot ja tilauskohtaiset erityisohjeet. MES-järjestelmän avulla kaikki tarpeellinen tieto mahdollistetaan yksittäiselle työpisteelle ilman riskiä, että työpisteellä käytetään väärää tietoa tuotteen valmistamiseen. MES-järjestelmä havaitsee tilauksen tunnistet ja pystyy näin ollen tarjoamaan ainoastaan työvaiheelle kuuluvat dokumentit tarkasteltaviksi. MES-järjestelmään voidaan raportoida kaikki tuotannossa tapahtuvat asiat, kuten valmistusmäärät, laatukirjaukset, häiriöt ja poikkeamat. MES-järjestelmä voidaan räätälöidä yritys kohtaisesti tarvittavien tarpeiden mukaan. Käyttöliittymän saa rakennettua hyvin yksinkertaiseksi, mikä helpottaa käyttöä uusille käyttäjille ja nopeuttaa raportointia huomattavasti.

MES-järjestelmä kykenee valvomaan tiedon laadukkuutta, esimerkiksi estämään virheellisen tiedon syöttämisen, kuten tuotetut kappaleet, jos kappalemäärä poikkeaa työjonon rivin määrästä. Laatu-  
kirjauksiin voidaan luoda ja käyttää tuotekohtaisia ohjeistuksia ja tiedonkeruupohjia, joihin työntekijä voi raportoida esimerkiksi, vaikka mittausdatan. Järjestelmä hälyttää, jos tulokset eivät täsmää ennalta määritettyjen raja-arvojen, ohjaamalla työntekijän hakemaan apua tai työnjohtajaa työpisteelle tarkastamaan tilanteen. (Martin, 2018)

MES-järjestelmien hyvänä etuna on, että niihin voi liittää koneet ja laitteet, jolloin niistä saadaan käyntidatat ja koneiden virhelokit järjestelmään.

Kun MES-järjestelmä on toteutettu tehokkaasti ja hyvin, saadaan varmistettua, että kaikki työt tulevat tehdyiksi määritetyllä tavalla. Järjestelmä varmistaa myös sen, että käyttäjä saa kaiken tarvitseman tiedon. Samalla saadaan vähennettyä merkittävästi inhimillisiä virheitä.

MES-järjestelmä tarjoaa työkaluja tuotannon johtamiseen ja kehittämiseen sekä operaattorin päivittäiseen työhön. Tuotannon läpinäkyvyys saadaan mahdollistettua, jossa raportit ovat reaaliaikaisia ja työnjohto sekä työntekijät pääsevät reaaliaikaisesti tarkastelemaan haluamansa kohteen tuotannon tilaa. (Martin, 2018)

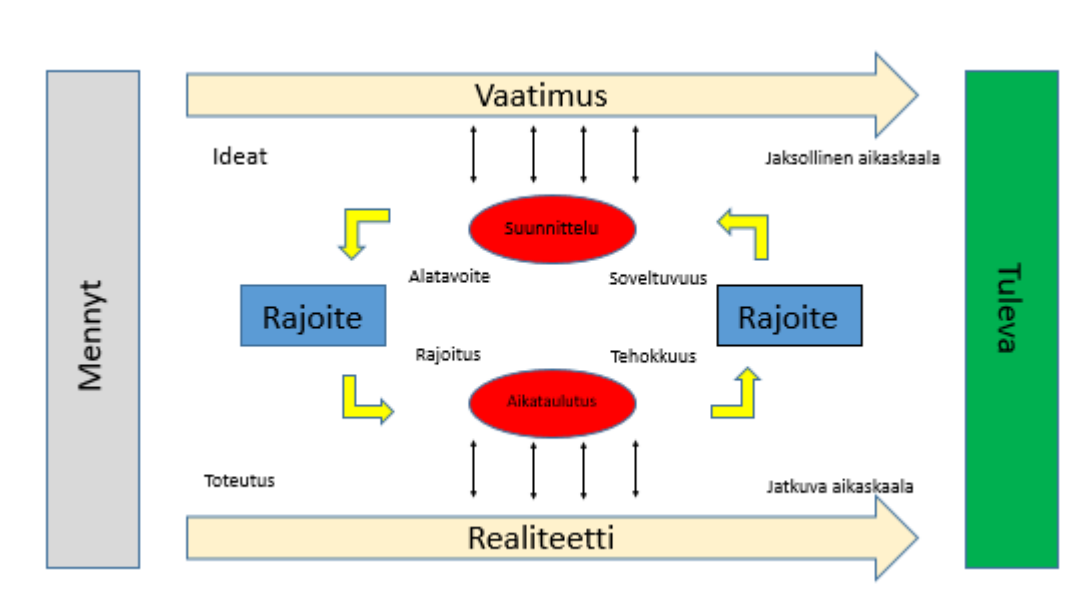
### 3.3 APS-tuotannonsuunnittelujärjestelmä

APS-järjestelmät (Advanced Planning System) tukevat päätöksentekoa, jotka yleisemmin lisäosina täydentävät yrityksen toiminnanohjausjärjestelmää. APS-järjestelmät tarjoavat kehittyntä analytiikkaa ja optimointifunktioita, joiden tarkoituksena on saada tehostettua yrityksen tilaus-toimitusketjua.

APS-järjestelmät on suunniteltu käsittelemään monimutkaisia arvovirtoja ja vaihtelevaa kysyntää. Järjestelmä kykenee synkronoimaan aikatauluja monissa tuotantosoluissa tai tuotantolinjoissa minuuteissa, lisäksi se tarjoaa mahdollisuuden tarkastella vaihtoehtoisia ”mitä jos” – aikatauluja. Suurimman hyödyn APS-järjestelmä tarjoaa sellaisille yrityksille, joissa tuotantotapa on MTO (Make To Order), koska siinä kapasiteetti on valmiiksi varattu. (Martin, 2018)

APS-järjestelmissä sovelletaan pitkälle kehitettyjä seuraavanlaisia matemaattisia algoritmeja laskentaan:

- Lineaarinen ohjelmointi
- Geneettiset algoritmit
- Heuristiikka
- Rajoitusperusteista ohjelmointia.



Kaavio 2. Suunnittelu ja aikataulutus. (Advanced Planning Scheduling, 2009)

APS-järjestelmät hallitsevat monimutkaisia vaiheistussääntöjä, vaiheistusriippuvaisia vaihtoaikoja ja moninkertaisia rajoitteita, kuten koneet, ihmiset, työkalut ja materiaalit. Tämä toiminnollisuus on tarpeen tasapainoisen ja yhteen liitetyn virtauksen saavuttamiseksi monimutkaisissa arvovirroissa.

APS-järjestelmät on hyvä sijoittaa ERP- ja MES-järjestelmien väliin tietovirrassa, joka tarkoittaa, että APS-järjestelmä käyttää ERP-järjestelmän tietokantaa tuoterakenteiden, varastotasojen, tilausten ja kyselyiden osalta.

APS-järjestelmässä saadaan luotua tuotantoaikataulut, jotka jaetaan MES-järjestelmään työjonojen muodossa ja ERP-järjestelmään materiaalivarausten muodossa.

APS-järjestelmän toteuttamalla hyvin saadaan tuotua yritykselle huomattavaa lisäarvoa tuotannon suunnitteluun. APS-järjestelmällä saadaan mahdollisesti parannettua tuotannon läpimenoaikoja, koska tuotanto saadaan suunniteltua optimaalisen virtauksen mukaan. Virtauksen parannuksella saavutetaan paremmat toimitusaikataulut, joka taas antaa positiivisen vaikutuksen asiakastyytyväisyyteen. APS-järjestelmällä kyetään optimoimaan asetuksia, varastotasoja, resurssien käyttöasteita, jotka lopulta vähentävät toiminnan kustannuksia. (Martin, 2018)

## 4 LAYOUTSUUNNITTELU

Layout on nykyisin yleistynyt termi, kun puhutaan tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien asettelua tehtaassa. Layoutit pystytään jakamaan kolmeen eri päätyyppiin työnkulun ja tuotantolaitteiden sijoittelun mukaan: tuotantolinjalayoutiin, funktionaaliseen layoutiin ja solulayoutiin. (Haverila;Uusi-Rauva;Kouri;& Miettinen, 2009, s. 475)

### 4.1 Layouttyypit

#### 4.1.1 Tuotantolinja

Tuotantolinjassa, kuten nimikin jo kertoo, laitteisto valmistettavan tuotteen valmistukseen on tuotteen työnkulun mukaisessa järjestyksessä. Tuotantolinja on yleensä erikoistunut vain tietyn tuotteen valmistukseen. Tällä menettelyllä saadaan automatisoitua ja tehostettua valmistus ja kappaleenkäsittely. Työnkulusta saadaan selkeää ja työvaiheiden välillä on mahdollista käyttää mekaanisia kuljettimia.

Suuri volyymi ja korkea kuormitusaste ovat keskeisimmät edellytykset tuotantolinjan rakentamiseen. Suuret valmistusmäärät mahdollistavat alhaisen yksikköhinnan, vaikka linjan rakentamisen kustannukset olisivat suuret. Tuotantolinjalla on huono sietokyky häiriöihin, koska pienetkin häiriöt voivat vaikuttaa hyvin nopeasti koko linjan tuottavuuteen.

Laadunvalvonta on erittäin tärkeää, koska häiriöistä aiheutuvat kustannukset tulevat olemaan suuria ja linja voi tuottaa tehokkaasti myös virheellisiä tuotteita. Linjan valmistuksen jälkeen kapasiteetin kasvattaminen on hyvin hankalaa. Tuotantosarjat ovat usein pitkiä, koska tuotteen vaihtaminen toiseen vaatii tavallisesti pitkän asetusajan. Linjan tuotannonohjaus on helppoa selkeän työnkulun ansiosta, joten tuotantolinjaa ohjataan käytännössä yhtenä kokonaisuutena. (Haverila;Uusi-Rauva;Kouri;& Miettinen, 2009, ss. 475-476)

#### 4.1.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisen layoutin tunnistaa siitä, että työpisteet koneineen ovat ryhmitelty työtehtävän samankaltaisuuden perusteella. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että sorvit ovat sorvaamossa ja hitsauslaitteet hitsaamossa. Funktionaaliselle layoutille voi käyttää myös nimitystä teknologinen layout, koneiden tuotantoteknologiaan perustuvan ryhmittelyn myötä.

Funktionaalinen layout toimii tuotannossa, jossa tuotantomäärät ja tuotetyypit voivat vaihdella suuresti. Työstökoneet ovat usein monipuolisia yleiskoneita, joilla voi valmistaa erilaisia tuotteita hyvin joustavasti. Tuotteet tavallisesti valmistetaan yksittäiskappaleina tai sarjoina. Työnkulut poikkeavat toisistaan, jonka vuoksi automaation soveltaminen materiaalinkäsittelyyn on rajoitettua. Tuotannon ohjaus toteutetaan eri koneille jonottavien töiden järjestelyyn. Töiden ohjaamista oikea-aikaisesti vaiheesta toiseen voi olla haastavaa. Keskenäisen tuotannon määrä kasvaa sitä mukaa mitä työjonot kasvavat ja tuotannon läpäisyajat pitenevät. Työpisteiden välillä, jos on suuret välimatkat, materiaalien kuljetus- ja käsittelykustannukset voivat muodustua suuriksi. Laadunhallinta hankaloituu työpisteiden suurten välimatkojen ja työvaiheiden välisten välivarastojen takia.

Funktionaalinen layout on helppo toteuttaa ja halvempi tuotantolinjaan verrattuna. Kapasiteetin kasvattaminen ja erilaisten tuotteiden valmistaminen saadaan joustavaksi funktionaalisella layoutilla.

Tuotantolinjaan verrattuna funktionaalisella layoutilla tuottavuus on heikompaa ja kuormitusasteet jäävät matalammiksi. (Haverila;Uusi-Rauva;Kouri;& Miettinen, 2009, s. 476)

#### 4.1.3 Solulayout

Solulayoutilla muodostetaan itsenäiset, eri koneista ja työpisteistä kootut ryhmät, jotka ovat keskittyneet tiettyjen osien valmistamiseen. Solulayout mielletään funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjan välimuodoksi.

Solulayoutilla saadaan läpimenoajat lyhyemmäksi funktionaaliseen layoutiin verrattuna. Materiaalivirrat saadaan selkeämmiksi, koska siinä harvoin esiintyy välivarastoja. Solulla on mahdollista valmistaa tuotteita, joiden valmistukseen solu on suunniteltu. Tuotteesta toiseen siirtyessä, asetussajat saadaan pidettyä lyhyenä. Solulayout on paljon joustavampi kuin tuotantolinja ja tehokkaampi kuin funktionaalinen layout oman tuoteryhmän puitteissa.

Erilaisten tuotteiden tuotantomäärät ja eräkoot voivat vaihdella suuresti, koska tuotteita voidaan valmistaa yksittäiskappaleina tai pieninä sarjoina. Tuotannonohjaus solussa on helppoa, koska siinä muodostuu vain yksi kuormituspiste.

Laadunvalvonta helpottuu, koska eri työvaiheet suoritetaan peräkkäin samalla alueella. Tämän seurauksena virheiden löytäminen ja korjaaminen ovat helppoa. Kuormitusasteet voivat vaihdella soluissa suuresti eri koneiden välillä, keskimäärin ne pysyvät alhaisempana kuin tuotantolinjalla. Funktionaaliseen layoutiin verrattuna solu on herkempi kuormituksen vaihtelulle ja tuotevalikoiman suuremmille muutoksille.

Soluvalmistusta on perusteltu työntekijöiden motivaation ja tuottavuuden nousulla. Solussa työskentelevä ryhmä pääsee itse vastaamaan tehtäviensä suunnittelusta ja suorittamisesta. Työnjakoon ja tehtävien kierrättämiseen työntekijät vaikuttavat itse. (Haverila;Uusi-Rauva;Kouri;& Miettinen, 2009, ss. 476-477)

## 5 LEAN-TOIMINTAMALLI

Lean-toimintamalli on japanilainen, Toyotan tuotantoperiaatteiden pohjalta kehitetty toimintamalli. Aluksi se levisi autoteollisuuteen, jonka jälkeen sitä on otettu käyttöön johtavaksi tuotantoperiaatteeksi muillakin toimialoilla. Toimialansa kannattavimmat ja nopeimmin kasvavat yritykset tavallisesti noudattavat Lean-periaatteita.

Lean-toimintamalli tulee ilmi selkeimmin tuotannon organisoinnissa sekä jatkuvassa kehitystyössä, se on myös vahvasti yhteydessä yrityskulttuuriin ja henkilöstön osallistumiseen kehityshankkeisiin. Toimintamallissa toimintaa kehitetään siellä, missä asiakkaalle tuotettu arvo syntyy. Yksinkertaisuudessaan toimintamallilla on pyrkimyksenä luoda toiminnalleen tarkoituksenmukaisuutta, järjestyttä ja täsmällisyyttä asiakasnäkökulmasta lähtien.





## 5.1 Hukka

Tuottavuuden parantaminen ei suinkaan perustu vain työtahdin nostamiseen, vaan erilaisten huk-  
kine poistamiseen. Hukalla tarkoitetaan kaikkea turhaa ja työtä, joka ei lisää arvoa. Erilaiset hukkail-  
miöt usein estävät tehokkaan työn teon. Kun hukat saadaan poistettua systemaattisesti, työn tuotta-  
vuus ja laatu paranevat.

Tuotannon hukat voidaan jakaa seitsemään helposti tunnistettavaan luokkaan:

- **Ylituotanto**, joka tarkoittaa tuotteiden valmistamista enemmän kuin tarpeeksi. Suuret erä-  
koot, keskeneräinen tuotanto ja varastoon valmistaminen ovat seurausta muiden hukkien  
syntyy. Ylituotanto rajoittaa myös tuotannon todellisten ongelmien havaitsemisen, sillä kor-  
keilla varastotasoilla piilotetaan ongelmia ja lievennetään niiden vaikutuksia.
- **Odottelu ja viivästykset**. Näillä ei tuoteta minkäänlaista lisäarvoa asiakkaalle. Käytän-  
nössä näillä tarkoitetaan kone- ja laitehäiriöiden sekä materiaalipuutteiden aiheuttaman vii-  
västymiset.
- **Tarpeeton kuljettaminen**. Tämä ei myöskään lisää arvoa asiakkaalle. On siis tärkeää vält-  
tää materiaalien ja tuotteiden turhaa liikuttelua työvaiheiden välillä.
- **Laatuvirheet**. Laatuvirheillä yleensä hukataan materiaaleja ja kapasiteettia, tästä seuraa-  
vaksi aiheutuu asiakastytymättömyyttä.
- **Tarpeettomat varastot**. Näillä lisätään usein kustannuksia, pidennetään läpimenoaikoja  
sekä piilotetaan eri ongelmia.
- **Ylikäsittely**. Asiakkaan näkökulmasta tarpeettomien asioiden tekoa.
- **Tarpeeton liike työskentelyssä**. Jos liikkeellä ei tuoteta lisäarvoa tuotteeseen, se on sil-  
loin hukkaa.

Kahdeksantena hukkana voidaan sanoa käyttämättä jätetty työntekijän luovuus. Tällä siis tarkoitetaan  
sitä, että työntekijöillä usein on paras tieto työvaiheiden ja menetelmien toiminnasta ja niiden kehiti-  
misestä. (Kouri, 2014, ss. 10-11)

## 5.2 Jatkuva parantaminen – Kaizen

Lean-kehitystoiminta pohjautuu toiminnan jatkuvaan ja systemaattiseen parantamiseen. Jokaisella  
työntekijällä on vastuu tuotteen ja toiminnan laadusta sekä kehitystyöstä. Kehitystoiminta usein to-  
teutetaan pienissä ryhmissä, jotka perehtyvät ilmeneviin ongelmiin, jonka jälkeen he suunnittelevat  
ratkaisut ja toteuttavat ne.

Kehitysideoilla ei heti aina tarkoiteta ainoastaan maata mullistavia innovaatioita, vaan aina voi lähteä  
liikkeelle kysymällä:

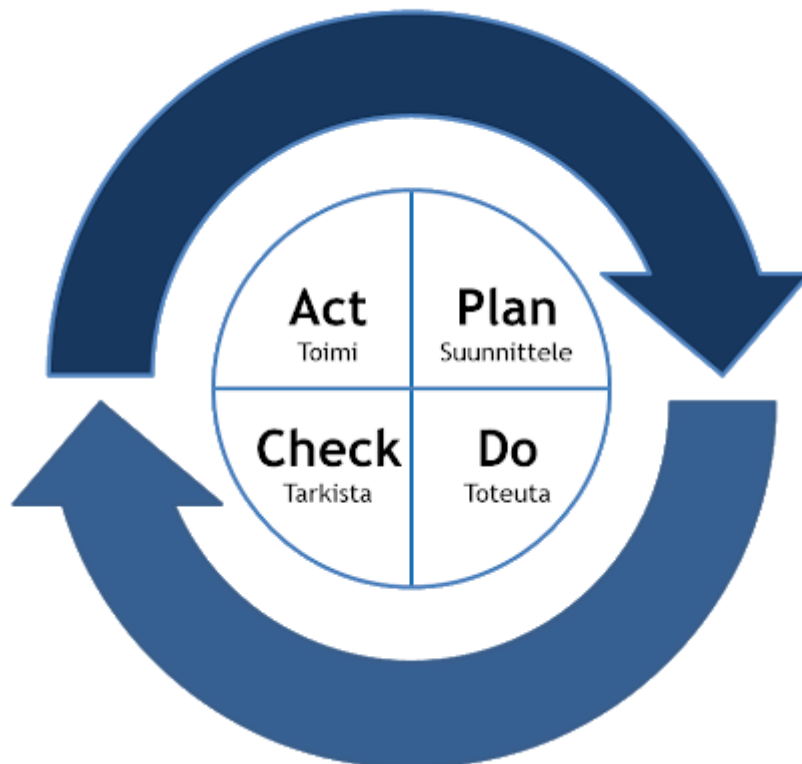
- Miten voisin tehdä työni helpommaksi tai paremmin?
- Mikä aiheuttaa vaikeuksia työnteossani?
- Mitä aiemmassa työvaiheessa voisi tehdä eri tavalla, jotta oma työni helpottuisi?
- Miten yhteistyötä työvaiheiden välillä voisi kehittää?

Ongelmat on siis hyvä nähdä tilaisuutena kehittää laatua, työskentelytehokkuutta tai työturvallisuutta.  
Varastojen poiston ja tuotannon virtauttamisen kautta saadaan tuotua esille runsaasti ongelmia ja  
kehityskohteita. Yrityksellä on hyvä olla valmiudet näiden esille tulevien ongelmien ratkaisemiseksi,

jotta toimintaa saadaan kehitettyä. Koko yrityksen toimintaa ja kannattavuutta saadaan parannettua prosessien toimivuuden ja laadun kehittämisen kautta. (Kouri, 2014, s. 14)

### 5.2.1 Jatkuva parantaminen käytännössä

Jatkuvaa parantamista suositellaan toteutettavaksi PDCA-syklin mukaisesti.



Kaavio 4. Demingin ympyrä (<http://tutkimu.blogspot.com/2015/12/lean-ja-lean-startup.html>)

- **Suunnittele.** (Plan) Parannustoimenpide. Pohtikaa eri vaihtoehtoja ja määrittäkää vaiheet parempien työskentelymenetelmien saavuttamiseksi.
- **Suorita.** (Do) Pilottihanke muutoksesta.
- **Arvioi.** (Check) Pilottihankkeen positiiviset ja negatiiviset asiat. Tässä vaiheessa on hyvä mahdollisuus tehdä korjaavia toimenpiteitä.
- **Toteuta.** (Act) Parannus kohdealueella. Hyväksi koetut toimintatavat on hyvä vakiinnuttaa jokaisella osastolla.
- **Jatka** toiminnan kehittämistä eteenpäin.

(Kouri, 2014, s. 15)

### 5.3 Virtaus, läpimenoajat ja keskeneräinen tuotanto

Lean-tuotannon kehittämiseen edellytetään tuotannon virtauttamista. Tuotteiden valmistaminen nopeasti valmiiksi välittömän tarpeen perusteella on virtauttamisen tavoitteena. Tällä tarkoitetaan tuotteiden valmistusta toistuvissa pienemmissä erissä tilauskannan tai varastotarpeiden perusteella.

Jotta tuotteet saadaan virtaamaan tuotannossa ilman pysähdyksiä, keskeneräinen tuotanto ja varastot tulee pitää mahdollisimman pieninä.

Tuotannon läpimenoajalla mitataan virtauksen tehokkuutta. Tuotannon läpimenoajalla tarkoitetaan kalenteriaikaa, joka kuluu tuotteen valmistumisen aloittamisesta valmiiksi tuotteeksi. Läpimenoaikaan keskeneräisellä tuotannolla on suora vaikutus, eli mitä enemmän keskeneräisiä tuotteita on, sitä pidempi läpimenoaika syntyy.

Virtauksen tehostamisella saadaan nopeasti tuotua esille tuotantoprosessin ongelmia, esimerkiksi vaikka konehäiriöt tai laatuongelmat. Virtauttamisella pakotetaan kehittämään tuotannon luotettavuutta, eliminoimaan laatuhäiriöitä sekä lisäämään suunnitelmallisuutta toimintaan.

Tuotannon virtauttamisella yleensä saavutetaan seuraavia hyötyjä:

- Lyhyemmät toimitusajat
- Varastoihin sitoutuneen pääoman vähentäminen
- Laadun parantuminen
- Tuottavuuden kasvu
- Toiminnan systemaattisuuden kasvu

Kone- ja laitehäiriöiden poistaminen ja laatuvirheiden vähentäminen ovat edellytyksinä virtauttamisen onnistumiselle. Eräkokojen pienentäminen edellyttää tuotevaihtojen asetusajkojen ja –kustannusten tavoitteellista pienentämistä. Koneet ja laitteet olisi hyvä sijoittaa siten, että tuotantoreitit olisivat mahdollisimman selvät ja lyhyet. (Kouri, 2014, ss. 20-21)

#### 5.4 5S-menetelmä

5S on japanista lähtöisin oleva viisiportainen työympäristön organisointimenetelmä. Hiroyuki Hirano on toiminut sen kehittäjänä osana hänen kokonaisvaltaista tuotantojärjestelmien lähestymistapaansa. 5S on kehitystyökalu, jolla saadaan organisoitua työpiste toimivammaksi. Menetelmä auttaa pääsemään eroon tavaroista joita ei tarvita ja helpottaa tarpeellisten tavaroiden ja koko työympäristön järjestyksen, siisteyden ja kunnon ylläpidossa.

5S usein ymmärretään väärin ja sitä pidetään siivousohjelmalla tai yksittäisenä parannuskampanjana. Se ei ole mikään erillinen toiminto, joka vaan liimataan työtehtävien päälle vaan jokapäiväinen, omaan työhön kuuluva toimintamalli. Keskeisintä on, että tuotantolinjalta tai toimistosta poistetaan kaikki ylimääräiset tiedostot, koneet, materiaalit, työkalut ja kaikki sellaiset asiat, jotka estävät virtausta. Eli kaikki semmoinen joita ei tarvita tehtävästä suoriutumiseen. Loput asiat laitetaan järjestykseen ja työpisteet siivotaan. Menetelmä standardisoidaan ja siihen sitoutuminen tapahtuu yhdessä. Tarkoituksena olisi saada läpimenoaikaa lyhemmäksi ja virtaus nopeammaksi.

Menetelmää voidaan soveltaa menestyksekkäästi joka puolella maailmaa palvelu-, ja tuotantoympäristöissä. Menetelmä sopii hyvin käytettäväksi yrityksissä, joissa on tarve poistaa hukkaa, lyhentää läpimenoaikaa ja parantaa virtausta. 5S usein toimii ensiaskeleena kohti parempaa tuottavuutta, järjestelmällisyyttä, työturvallisuutta, laatua, ajallaan toimittamista, voittoa ja työntekijöiden sitoutumista. 5S on Leanin perustyökalu. Menetelmän avulla saadaan tehtyä hukka näkyväksi, jotta sen poistaminen mahdollistuu. 5S-menetelmä toimii parantamisen peruspohjana, joka on suuressa roolissa prosessin stabiloinnissa ja Lean-ajattelun vakioinnissa. Konseptilla saadaan ajettua järjestystä,

jolla mahdollistetaan muiden työkalujen ja tekniikoiden käyttöönottoa vaihe kerrallaan. (5S Kehitystyökalu, 2013)

#### 5.4.1 5S –portaat

- **Lajittelu** (Seiri)

Lajittelu eli luopuminen tarkoittaa sitä, että poistetaan kaikki ne tavarat ja asiat, joita ei tarvita sen hetkiseen työhön. Eli kaikki turhat materiaalit, tiedostot, kansiot, laitteet, välineet ja tarvikkeet.

- **Järjestäminen** (Seiton)

Kaikille esineille ja työkaluille tulee löytyä oma paikka asianmukaisilla tunnisteilla ja merkkauksilla. On tärkeää pitää tarpeelliset asiat oikeilla paikoilla ja helposti saatavilla, jotta niitä on nopea käyttää ja palauttaa takaisin omalle merkitylle paikalle. Osien ja materiaalien nouto tulee järjestää mahdollisimman esteettömäksi ja nopeaksi, pitäen tehokkuuden, turvallisuuden ja ergonomian mielessä. Parhaimman mahdollisen käyttöjärjestyksen voi säännöllisesti testata Demingin ympyrän avulla (PDCA).

- **Puhdistaminen** (Seiso)

Työalueet tulee pysyä siistinä. Kaikki laitteet ja työkalut puhdistetaan käytön jälkeen ja menettelystä on hyvä luoda järjestelmä, jolla saadaan taattua oman alueen ja siellä olevien laitteiden pysyvän siistinä ja hyvä kuntoisina.

- **Standardointi** (Seiketsu)

Standardointi liittyy kolmeen ensimmäiseen kohtaan, joista kaikkein vahvimmin puhdistamiseen ja järjestyksen ylläpitämiseen. On hyvä luoda tietty siisteystaso alueille, jonka mukaan ne tullaan pitämään järjestyksessä ja asiat oikeilla paikoillaan. Visuaaliset ohjeet helpottavat ihmisiä pitämään asiat niiden omilla paikoillaan. Työalueet voidaan rajata oman värisellä raidalla.

- **Sitoutuminen** (Shitsuke)

Sitoutuminen merkitsee käsitteenä sitä, että otetaan tavaksi ylläpitää oikeita toimintatapoja, eli keinoja ylläpitää käyttöönotettuja menettelyjä. Sitoutumisella tarkoitetaan sitä, että jatkuvasta onnistumisesta saadaan varmistettua rutiini. Tämä on vaikein ja arvokkain osa näistä viidestä kohdasta, sillä jos tämä kohta ei toteudu, kaikki muutkin 5S-kohdat kaatuvat.

(5S Kehitystyökalu, 2013)

#### 5.4.2 5S – menetelmän etuja

Prosesseista saadaan tuottavampia, tuotetaan vähemmän viallisia tuotteita, saadaan saavutettua määräajat paremmin, hukkaa saadaan poistettua ja läpimenoaikoja lyhennettyä. Työturvallisuuteen liittyviä asioita saadaan korostettua. Järjestyksessä oleva ja siisti tehdas on paljon turvallisempi ja miellyttävämpi paikka työskennellä. 5S-menetelmä antaa tilaisuuden käyttää luovuutta, kuinka organisoida ja järjestää oma työpiste, sekä kuinka työn saisi tehtyä paremmin. Menetelmän avulla saadaan tuotua helposti esille poikkeavat tilanteet, puutteet ja häiriöt. (5S Kehitystyökalu, 2013)

#### 5.4.3 Systemaattinen ongelmanratkaisu

Ongelmat usein saadaan ratkaistua helposti etsimällä häiriöiden juurisyyt ja sitä kautta estää ongelmien toistuminen.

Käytännössä tuotteita joudutaan korjaamaan, että ne saadaan toimitettua asiakkaalle. Toistuvat ja merkittävät ongelmat tulee ratkaista systemaattisesti, jos niistä halutaan päästä eroon pysyvästi. Systemaattisella ongelmanratkaisulla saadaan tehostettua ongelmien käsittelyä, kehittää osallistujien taitoa ja ongelmanratkaisukykyä sekä sekä dokumentoitua ongelman ratkaisut siten, että tieto siitä on hyödynnettävissä uudelleen.

Ongelmanratkaisusta ei kannata tehdä liian vaikeaa, monimutkaisten menetelmien sijasta kannattaa pyrkiä käyttämään yksinkertaisempia, selkeitä ja toimivampia työkaluja, kuten ”viisi kertaa miksi”. (Kouri, 2014, s. 30)

## 6 BENCHMARKING CASET

Työn edistymisen kannalta katsottiin yrityksen kanssa hyväksi ideaksi lähteä tutkimaan opinnäytetyön aihetta benchmarkkauksen avulla. Benchmarkkauksen käyttöön lähdeettäessä etsin tietoa muiden yritysten käytännöistä tuotannonohjauksen suhteen, miten heillä toteutetaan tuotannonohjaus, mitä ohjelmia siihen käytetään apuna ja miten niitä käytetään apuna. Löysin yhden opinnäytetyön, jossa lähtötilanteet olivat lähes samankaltaiset kuin täällä Simetekillä, kirjoitin opinnäytetyöstä referaatin, joka osaltaan toimii benchmarkkina yritykselle. Löysin myös yhden hyvinkin kattavan tutkimuksen, jonka on toteuttanut FIMECC, yhteistyössä Tampereen teknillisen yliopiston, Aalto-yliopiston, VTT:n ja Seinäjoen ammattikorkeakoulun kanssa. Tutkimuksen aiheena oli kartoittaa suomalaisen valmistavan teollisuuden tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen nykytilaa sekä niihin liittyviä arkipäivän haasteita ja tarpeita. Tutkimuksessa oli mainintaa, että yritykset saavat käyttää tutkimuksen aineistoa oman yrityksen benchmarkkaamiseen, joten tein tutkimuksen tuloksista kattavan referaatin, jonka lisään tähän työhön.

### 6.1 Mitä benchmarking tarkoittaa

Benchmarkingilla tarkoitetaan vertailuanalyysia, joka on arviointia, jossa eri organisaatiot vertaavat toimintaansa ja prosessejaan keskenään tai toisen organisaation kanssa. Vertailukohteeksi usein etsitään omaa organisaatiota jossakin suhteessa paremmasta organisaatiosta. Vertailun kohteet voivat olla valittuja joko saman tyyppisistä yrityksistä tai miltä tahansa toimialalta, jos löytyy yhtäläisyyksiä. Benchmarking menetelmällä opitaan hyviltä esikuvilta heidän parhaista käytännöistä, jonka tavoitteena on saada toteutettua parannuksia omassa toiminnassa. Benchmarkingin avulla voidaan tunnistaa heikkoudet omassa toiminnassa ja laatia niiden kehittämiselle tähtäävät tavoitteet sekä laatimaan kehitysideoita.

Benchmarkingin tyypillisenä keinona on suorittaa yritysvierailuita yritykseen, jonka kanssa halutaan vertailla omaa toimintaa. Vertailuun on myös muitakin keinoja, kuten etsimällä tietoa toimivista käytännöistä erilaisista artikkeleista, kirjoista tai Internet-sivuilta. Hyviä vertailukohtia yritysten välillä on vertailla yritysten tunnuslukuja eli mittareita. Benchmarkkausta voi myös toteuttaa yhteistyönä toimintaa kehittävien yritysten välillä, jolloin yritykset säännöllisesti vertaavat toimintojaan ja vaihtavat ideoita kehityskohteista ja -tavoista.

Benchmarkingia on mahdollista tehdä myös yrityksen sisällä, jossa yrityksen osat tai eri yksiköt vertaavat toimintojaan ja prosessejaan keskenään, jolloin opitaan toisen hyvät käytännöt. Tavoitteena tällä on jakaa hyväksi koetut käytännöt mahdollimman laajasti yrityksen sisällä. (Benchmarking, 2019)

## 6.2 Benchmark case 1.

### 6.2.1 Lähtökohdat

Yrityksen tuotanto käynnistyy asiakkaan tilauksesta. Asiakas voi tilata joko täysin räätälöidyn hitsausratkaisun tai valmiin vakiolaitteen. Yleisimmin tilaukset ovat räätälöityjä vakiolaitteita, mutta täysin asiakkaan tarpeet täyttäviä ratkaisuja valmistetaan jonkin verran. Kaikkien laitteiden mallinnuksen hoitaa yrityksen oma suunnitteluosasto, joka luo osa- ja kokoonpanokuvat laitteesta, jonka jälkeen ne lähetetään tuotannonsuunnittelulle valmistuksen suunnittelua varten. Tuotannonsuunnittelusta osat etenevät valmistukseen ja lopulta kokoonpanoon.

Osavalmistuksen ohjaus käynnistyy tuotannonsuunnittelusta, jossa osille luodaan työvaiheet jonka jälkeen osien kuvat sekä työmääräimet tulostetaan. Kun valmistukseen tarvittavat työvaiheet on määrätty työmääräimeen, ne lajitellaan jakolaatikkoon niiden ensimmäisen työvaiheen mukaan. Tämän jälkeen kuvat ja työmääräimet viedään ensimmäisen työvaiheen suorituspisteelle, esim. polttoleikkaukseen.

Osavalmistus lähtee liikkeelle heti, kun tuotannonsuunnittelusta tuodaan kuvat työmääräimeen, jollekin osavalmistuksen alueelle. Toiminta ohjautuu työntöohjauksella. Osavalmistuksessa tuotetut osat siirretään työkoneilta osavalmistuksen välivarastoon, joka tässä tapauksessa yrityksellä on hitsaamon keräily, tai osat viedään suoraan koneistamoon, jos ne vaativat koneistusta.

Hitsaamon keräily toimii hitsattavien osien välivarastona ennen hitsausta. Keräilyssä rakenteen vaatimat osat kerätään hitsauskuvien osaluettelon mukaan hitsareille valmiiksi paketeiksi, jotta hitsarin työaika ei kulu osien etsintään ja keräilyyn. Hitsauskuvat tuodaan keräilyyn tuotannonsuunnittelusta. Kaikki hitsattavan rakenteen vaatimat osat kulkevat keräilyyn kautta. Keräilyyn tulee siis kaikki osavalmistuksen eri työpisteiltä tulevat osat sekä alihankinnasta tulevat osat. Keräilyä ohjaa hitsaamon keräilytaulu, jossa on omat osiot kesken olevalle keräilylle, valmiille keräilylle ja omat osiot myös eri hitsareille. Valmiit keräilyt jaetaan hitsarin omaan lokeroon valmistussuunnitelman mukaan.

Hitsaus ohjautuu hitsaamon keräilyllä. Hitsarit saavat keräilytaululta oman nimen kohdalta seuraavan työnsä ja samalla ottavat mukaan myös työlle kerätyn lavan, jossa on tarvittavat osat hitsaukseen. Kun hitsaus on saatu valmiiksi, valmis rakenne viedään suoraan pintakäsittelyyn tai koneistukseen, jos tuote sitä vaatii. (Multanen, 2016)

## 6.2.2 Ongelmakohdat

Suurimmat ongelmat yrityksen tuotannonohjauksessa ovat osien ennenaikainen valmistus, kapasiteettivajeen myöhäinen huomiointi ja osien valmistuksen järjestyksen asettelu.

Ennenaikaisella osien valmistuksella on seurauksena pitkä varastointi, koska osia ei välttämättä pääse heti hyödyntämään seuraavassa työvaiheessa. Pitkä varastointi aiheuttaa lisäkuluja ja osia voi joutua siirtämään paikasta toiseen tilan puutteen takia. Tässä tilanteessa saattaa pahimmillaan osia hukkua tai niitä joudutaan etsimään erikseen, joka hidastaa projektin etenemistä.

Kapasiteettivajeen ennenaikainen huomiointi nykyisellä järjestelmällä on vaikeaa, koska yrityksellä ei ole mitään visuaalista järjestelmää tuotannonsuunnittelulle. Kapasiteettivaje huomataan yleensä liian myöhään jolloin alihankinnasta tilattu lisäkapasiteetti ei ehdi tekemään osia tai rakenteita aikataulun vaatimaan aikaan ja projekti myöhästyy. (Multanen, 2016)

## 6.2.3 Tuotannonsuunnittelun kehitys

Tuotannonsuunnitteluun muutettiin toimintamallia ja itse järjestelmä pidettiin mahdollisimman yksinkertaisena. Parhaana vaihtoehtona koettiin kuva nippujen uudelleenjärjestäminen ja tarkempi ajoitus. Kuva niput jaetaan niiden esikoneistus tarpeen mukaan parhaimpaan valmistusjärjestykseen. Eli osan, jonka valmistuksessa on eniten vaiheita, aloitetaan ensimmäisenä. Tällaisia osia ovat esim. kantattavat levyt, jotka menevät hitsattavaan rakenteeseen. Näin osavalmistukselle saa enemmän joustavuutta toimia, koska aikaa säästyy järjestelyllä.

Kuvanippuja aloitettiin vaiheistusvaiheessa ajoittamaan tarkemmin. Eli kuvanipulle annetaan tietty viikko, milloin pitää olla valmiina, jolloin osien oikea aikainen valmistus on tarkempaa. Näin osavalmistuksen väliavarastot saadaan nopeampikiertoisiksi ja osavalmistuksen läpimenoaika lyhenee. Järjestely helpottaa tuotannonsuunnittelun työtä, koska ajoitus on yksiselitteistä ja osilla on aina valmiiksi mietitty aikataulu.

Osavalmistuksen luotu aikataulu:

- Osavalmistus aloitetaan 2 viikkoa ennen rakenteen/osan suunniteltua valmistumisaikaa
  - Poltto (viikko aikaa valmistua)
  - Saha (viikko aikaa valmistua)
  - Levyleikkaus (viikko aikaa valmistua)
- Hitsaus/koneistus/pintakäsittely seuraavalla viikolla osavalmistuksen aloittamisesta.

Tuotannonsuunnittelun kuvaniput jaetaan kuuteen eri kategoriaan aikataulujen mukaan

- Poltto
- Sahaus
- Leikkaus
- Hitsaus
- Koneistus
- Alihankinnasta tuleva materiaali

Tällä saadaan luotua mahdollisimman kattava ja visuaalisesti hallittavissa oleva järjestelmä.

Tuotannonsuunnitteluun luotiin seurantataulu kuvanipuille, jossa niput jaetaan tauluun yllämainittujen kategorioiden mukaan. Taulu on kaksipuoleinen. Ensimmäiseltä puolelta niput viedään eri osavalmistuskoneille työjonoksi. Kuvaniput kerätään niiden ensimmäisen vaiheen mukaan erilleen. Kuvaniput jaetaan aikataulujärjestykseen niiden viikkojaon mukaan, joka merkataan nipun yläreunaan, jotta aikataulu on kaikkien nähtävillä. Taulun osavalmistuspolella viisi ylintä lokeroa on polttokoneelle menevillä kuvanipuilla ja alimmat sahalle ja levyleikkurille. Levyleikkurille ei ole kuin yksi lokero, koska sen käyttö on vähäistä.

Toinen puoli seurantataulusta on tarkoitettu hitsauksen keräilyyn meneville kuvanipuilla. Seitsemän ylintä lokeroa on tarkoitettu hitsauskuvien jakamiselle viikkojaon mukaan. Alimmat lokerot suoraan koneistukseen meneville osille ja alihankinnasta saapuville osille. Tältä puolelta hitsauskuvat ja materiaalitilaukset viedään viikkojärjestyksen mukaan hitsaamon keräilyyn. (Multanen, 2016)

#### 6.2.4 Osavalmistuksen kehitys

Osavalmistuksen ohjaus muuttui tuotannonsuunnittelun toiminnan muutoksilla. Käytännössä osavalmistuksen uusi ohjausjärjestelmä toimii tuotannonsuunnittelun viikkojaon mukaan. Tuotannonsuunnittelusta viedään kuvat osavalmistukseen lähempänä niiden tarvetta, jolloin osavalmistuksen välivarastoja saadaan nopeakiertoisiksi tai toisissa tapauksissa häviävät kokonaan. Kuitenkin kuvanippuja toimitetaan polttokoneelle sitä mukaa mitä poltetaan eli saadaan luotua imuohjaus näiden kahden vaiheen välille. Tällä saatiin mahdolliseksi se, että tuotannonsuunnittelu pystyy seuraamaan seurantataulusta, koska imua pitäisi lisätä. Tässä tapauksessa tarkoitetaan alihankintaostoja. Osavalmistusta ohjattiin siis tuotannonsuunnittelun mukaan kuvalokeroilla.

Polttokoneelle menevät kuvaniput jaetaan osien vahvuuksien mukaan järjestykseen, huomioiden valmistusjärjestys tuotannonsuunnittelussa tehtyjen viikko- ja esikoneistusjärjestyksen mukaan. Sahalle on samantapainen ohjaustaulu kuin polttokoneellakin, mutta siinä niput jaetaan hitsaukseen ja koneistukseen menevien osien mukaan. Niput jaetaan viikko- ja valmistusjärjestyksen mukaan. Levyleikkurille ei asetettu mitään ohjaustaulua, koska sen kuormitus osavalmistuksessa on niin vähäistä, mutta silti leikkausosillekin annetaan viikkojako ja kuvat viedään leikkurille sen perusteella. Tälläkin saadaan tuettua oikea aikaista valmistusta, vaikka ohjaustaulua ei ole. (Multanen, 2016)

#### 6.2.5 Hitsauksen keräilyn kehitys

Hitsauksen keräily toimii melkein samalla tavalla kuin ennenkin, erona on se, että se on nopeampi kiertoisempi, kun osia valmistetaan lähempänä niiden tarvetta JIT-ohjausmallin mukaan. Tällä järjestelyllä valmistetut osat "lojuvat" vähemmän aikaan keräily alueella kuin ennen. Keräily alueelle tehtiin layout muutos, jolla tuetaan uutta ohjausjärjestelmää paremmin ja selkeyttää hitsauksen keräilyaluetta. Layout muutoksessa selkeytettiin keräilyaluetta niin, että keräilyyn tuleville lavoille ja valmiille lavoille luotiin erilliset paikat. Hitsaamon keräilyssä otettiin käyttöön myös lavakohtainen tunnistejärjestelmä, jonka avulla osakuvat työmääräiminen saatiin lavoilta pois, jossa ne likaantuvat tai menivät hukkaan. Hitsaamon keräilijä numeroi jokaisen lavan, joka tulee osavalmistuksesta hitsauksen keräilyyn. Seuraavaksi keräilijä ottaa osakuvat pois lavalta ja yhdistää ne klemmarilla,



johon on merkittynä lavakohtainen numero. Sitten keräilijä laittaa kuvanipun, joka on nidottu numeroidulla klemmarilla, hitsauksen keräilytauluun kesken-osioon. Kaikki samaan hitsausrakenteeseen kuuluvat osat pyritään keräämään samalle lavalle, jotta kaikki osakuvat olisivat saman klemmarin alla. Näin ollen keräilijän on helpompi seurata, koska lava voidaan siirtää valmis-osioon keräilytaululla. (Multanen, 2016)

#### 6.2.6 Hitsauksen kehitys

Itse hitsaukseen ei tehty muutoksia, koska kaikkien muiden vaiheiden muutokset vaikuttivat hitsauksen ohjaukseen positiivisesti. Suurimpana tekijänä hitsauksen ohjaukseen vaikutti hitsauksen keräilylayout muutos, koska hitsarit löytävät nyt paljon helpommin oikean keräilylavan keräilyalueelta, koska valmiit ja keskeneräiset on eritelty selkeämmin toisistaan. (Multanen, 2016)

#### 6.2.7 Yhteenveto

Kaiken kaikkiaan uudesta ohjausjärjestelmästä muodostui hyvin toimiva ja selkeä. Uusi ohjausjärjestelmä on riittävän yksinkertainen ja lisäksi sen visuaalinen tarkastelu on helppoa. Heikkoutena ohjausjärjestelmässä on sen vaatima manuaalinen työ, jota voisi vähentää sähköisellä järjestelmällä tuotannonsuunnittelun ja osavalmistuskoneiden välille. Yrityksessä oltiin kuitenkin tyytyväisiä uuteen ohjausjärjestelmään. (Multanen, 2016)

#### 6.2.8 Nykytilanne

Benchmarkkaus referaatin teon jälkeen etsin case 1:n opinnäytetyöntekijän ja selvisi, että hän on töissä yrityksessä, jonne hän teki opinnäytetyönsä. Laadin kysymykset, kuinka heillä toimitaan nykyisin tuotannonohjauksen suhteen ja kysyin lupaa haastattelulle. Haastatteluun suostuttiin ja haastattelu hoidettiin facebook viestein.

Nykytilanne yrityksellä ei ole hirveästi muuttunut siitä, mitä se oli vuonna 2016, kun opinnäytetyö yritykselle tehtiin. Sama pohja toimii edelleen tuotannonohjauksessa, mutta nyt he ovat suunnittelemassa sähköisen järjestelmän käyttöönottoa tuotannonsuunnittelun avuksi. Yrityksellä on käytössä CGI:n Powered, johon he olisivat mahdollisesti integroimassa tuotannonsuunnittelujärjestelmää. Tällä hetkellä heidän tuotannonsuunnittelunsa ei ole kovinkaan tarkasti kartalla nykyisestä kuormitustilanteesta muuten kuin kysymällä työnjohdolta, mikä on tilanne. Toimitusajat riippuvat täysin toimitettavasta laitteesta. Yhden laitteen toimitukseen voi mennä 4 viikkoa ja toisen ehkä jopa vuosi. Tarjouskyselyn tullessa tilattavaa kokonaisuutta on pyrkimys verrata mahdollisimman tarkasti jo toimitettuun laitteeseen ja katsotaan, kuinka kauan kyseistä laitetta on ennen tehty ja sen pohjalta saa määritettyä uuden laitteen toimitusajan. Samalla myös verrataan nykyistä tilauskantaa siten, että ei luvata isompien tilauksien toimituksia samalle päivälle vaan limitetään laitteita sen mukaan, miten on mahdollista tehdä. Eli ensimmäisen tilauksen valmistuessa kokoonpantavaksi, päästään työstämään toisen tilauksen osia.

Kuormitukselle ei ole sen kummempaa järjestelyä kuin mutua tuntuma ja vertailu edellisten projektien tuntimääriin.

Case 1:n yrityksellä on 4 tuotannonsuunnittelijaa ja omassa tuotannossa (osavalmistus, hitsaus, koneistus, maalaus) 25 henkeä. Osavalmistukselle on oma työnjohtaja, sitten kummallakin, kokoonpanolla sekä sähköistyksellä on omat asennuspäälliköt, jotka johtavat erillisiä asennustiimejä. Tuotannonsuunnittelijat hoitavat materiaaliostot, komponenteille (sähkö- ja mekaniikka osat) on kaksi ostajaa ja itse haastateltava hoitaa tuotannon alihankintaostot.

Tilauksen saapuessa myynti antaa myydyn laitteen speksit suunnitteluun, jossa myös projektijohto on kokonaisuuden haltuun ja luo lopullisen aikataulun. Toimituspäivät lyödään lukkoon jo myyntivaiheessa. Suunnittelu viimeistelee kuvat laitteesta valmiiksi ja toimittaa ne tuotannonsuunnitteluun, josta osat siirretään tuotantoon.

### 6.3 Benchmark FIMECC-tutkimus

Tutkimuksessa kuvataan hankkeessa syksyllä 2013 ja keväällä 2014 suoritettujen yrityshaastatteluiden tulokset. Haastatteluiden tavoitteena oli selvittää suomalaisten konepajateollisuuden yritysten tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen nykytilaa, sekä niihin liittyviä haasteita ja tarpeita. Tutkimukseen osallistui yhteensä 25 yritystä ja jokaisesta yrityksestä noin kolme eri työtehtävissä toimivaa henkilöä. Haastatteluiden avulla tiedusteltiin muun muassa tuotannonsuunnitteluun ja ohjaukseen käytettävistä tietojärjestelmistä, lattiatason ohjausmenetelmistä, sekä Lean-periaatteiden hyödyntämisestä. (LeanMES, 2014)

#### 6.3.1 Tuotannon tietojärjestelmät

Tutkimuksen yrityksissä pääsääntöisesti tuotannon suunnitteluun ja ohjaamiseen käytetään ERP:iä ja erillisiä Exceleitä. Ainoastaan yhdellä yrityksellä on käytössään oikea tuotannonohjausjärjestelmä (MES) ja eräs toinen yritys valmistelee MES-järjestelmän pilotointia. Yksi yritys on laatinut itselleen omatekoisen tuotannon tietojärjestelmän, jolla pystyy näyttämään työjonoa, jonka voi luokitella kevyeksi MES-järjestelmäksi. Nämä edellä mainitut ovat suuria yrityksiä. Kahdella PK-yrityksellä on pidemmälle räätälöity ERP-järjestelmä, johon on lisätty MES- ja APS-toiminnallisuutta, kuten konekohdainen hienokuormitus. Loput tutkimukseen osallistuneista yrityksistä luottavat tuotannossaan täysin ERP-järjestelmään ja Excel-tilaukoihin. Varsinaista APS-järjestelmää, jolla onnistuisi erilaisten skenaarioiden simulointi, ei ollut käytössään millään yrityksellä. Varsinkin projektimaisia kompleksisia tuotteita valmistavat yritykset perustelivat asiaan niin, että heillä ei ole tarvetta optimoida tuotantoa tuotannon osuuden ollessa pientä projektin läpimenoajasta ja kustannuksista. Kuitenkin tarpeena oli koko projektin hallinta tilauksesta toimitukseen samassa järjestelmässä.

Pelkästään ERP:n Excel-tilaukoiden käytön haasteena on yleisimmin se, että ne eivät ole mitenkään integroitu keskenään. Niissä on paljon päällekkäistä tietoa ja niiden ylläpitoon vaatii hyvin paljon manuaalista työtä saada välitettyä tiedot järjestelmästä toiseen. Useilla yrityksillä toiveena olisi päästä eroon erillisistä Excel-tilaukoista. Etenkin hienokuormituksen apuna käytettävät Excelit ovat hyvin usein henkilöriippuvaisia, mikä käytännössä tarkoittaa sitä, että yrityksestä löytyy yksi tai kaksi henkilöä, jotka osaavat päivittää ja tulkita niitä. ERP:in käyttöä kritisoitiin suuresti monien yritysten toimesta, koska järjestelmät ovat kankeita, epäloogisia ja tiedon löytämiseen vaaditaan muistamista ja visuaalisuus on huono. Ongelmana tässä on se, että useat yritykset käyttävät ERP-järjestelmiä

tuotannon tietojärjestelmänä, vaikka alun perin ERP-järjestelmät on tarkoitettu taloushallinnon järjestelmäksi. Muutamilla yrityksillä ongelmana ilmenee, että tuotannon työntekijät joutuvat turvautumaan moneen eri järjestelmään tarvittavan tiedon hakemiseen, kuittauksiin ja laadunseurantaan liittyvien kirjausten tekoon. Toiveena olisi saada vain yksi järjestelmä, jolla työntekijä pärjää. (LeanMES, 2014)

### 6.3.2 Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus

#### **Ennusteet, kysyntä ja kysynnän vaihtelu**

Alihankintaa tekevien yritysten yleisin varmistuneiden tilausten näkymä on noin 2-3 viikkoa. Siitä pidemmälle meneviä näkymiä normaaliolosuhteissa ei maininnut yksikään yritys. Päämiesyrityksissä, joissa valmistetaan omia tuotteita, tilauskannan näkymän on yleensä hieman pidempi. Useissa yrityksissä kysynnän kausivaihtelu on hyvinkin voimakasta, pahimmillaan kvartaaleittain mitattuna vaihtelua voi olla jopa 115%. Epävarmuus kysyntään ja ennusteisiin kertautuu alihankintaverkostossa alaspäin. Melkein kaikki alihankintayritykset pitivät ongelmana sitä, että päämiesten antamat ennusteet voivat olla hyvin epävarmoja ja ne on usein asetettu yläkanttiin. Ennusteisiin toivottiin enemmän tarkkuutta, joka vaatisi, että asiakkaat kykenisivät purkamaan konetason ennusteensa alimmalle osatasolle asti. Päämiesyrityksillä oli myös omat tuskansa epävarmojen ennusteiden kanssa. Erityisesti pitkän toimitusajan komponenttien osalta luotettavimmat ennusteet nähtiin hyvin tärkeinä, jotta saataisiin varastotasot järkevimmiksi. Muutamat yritykset ovat alkaneet hyödyntää kaupintavarastoajattelua, eli alihankkija toimittaa tavaraa päämiehen varastoon, joka maksetaan vasta kun sitä tarvitaan, tällä saadaan jaettua kustannuksia. (LeanMES, 2014)

#### **Karkea- ja hienokuormitus**

Melkein kaikki tutkimukseen osallistuneet yritykset suorittavat tuotannon suunnittelun ja kuormittamisen ERP-järjestelmällä ja monilla Excel-taulukoilla. Excel on otettu avuksi sen takia, koska ERP:iä ei ole tarkoitettu tuotannon suunnitteluun ja kuormitukseen. Muutama yritys mainitsi toimivansa täysin ERP:n varassa, ilman Excel-taulukoita, varsinaista hienokuormitusta ei tehty, vaan kuormitus tapahtui lennosta lattiatasolla. Simulointia tai oikeaa tuotannonsuunnittelujärjestelmää ei ollut yhdelläkään tutkimuksen yrityksellä käytössä. ERP-järjestelmällä kuormittamisessa haasteena on se, että sillä ei ole mahdollista tehdä kapasiteettirajoitteista suunnittelua, jolloin on erittäin tärkeää pysyä tarkkana, ettei järjestelmää ylikuormiteta. Hyvin moni tutkimuksen yrityksistä hoitavat resurssien kuormitussuunnitelmat Excel-taulukoiden avulla, koska ERP:ssä resurssien kapasiteetin hallinta ja päivittäminen on hankalaa ja kankeaa. Kaikilla yrityksillä oli harmina se, että ERP ja Excel-taulukot eivät ole integroituja keskenään. Ne vaativat paljon manuaalista työtä tiedon siirtoon järjestelmästä toiseen, koska niissä on paljon päällekkäistä tietoa. Mahdollisten muutosten hallinta näiden kahden järjestelmän välillä vie paljon aikaa, esimerkiksi yhden monivaiheisen työn uudelleenaikauslaskutus

vaatii yleensä kaikkien vaiheiden siirtoa erikseen. Tämä vie oikeastaan kaiken ajan tuotannonsuunnittelijalta, jolloin aikaa ei enää jää tuotannon kehittämisen ja tuotteiden virtauksen parantamisen pariin.

Kapasiteetti on yleisimmin tiedossa viikkotasolla: kuinka monta tuotetta on mahdollista valmistaa viikon aikana. Tätä tietoa hyödynnetään karkeakuormituksessa. Haasteita tulee siitä, että eri tuotevarianttien kuormittavuus on erilainen, eikä tätä aina välttämättä huomioida tuotannonsuunnittelussa. Kuormitus suunnitelman teossa usein käytetään apuna keskiarvoa, ei todellista kuormittavuutta. Tämän lisäksi etenkin alihankintayrityksissä, joissa uusia nimikkeitä tulee usein, ei ole mahdollista turvautua historiatietoon vaan kuormitus perustuu valistuneeseen arvaukseen. ERP-järjestelmällä ei voi aikatauluttaa useampaa työtä limittäin siten, että useamman asiakkaan töistä koneistettaisiin ensin ensimmäiset vaiheet, tämän jälkeen toiset vaiheet ja niin edelleen. Järjestelmällä on kyllä mahdollista aikatauluttaa päällekkäin, mutta silloin ei voi huomioida kapasiteettirajoitteita, eikä saada arviota siitä millon työt saataisiin valmiiksi. Näissä tilanteissa kuormitus ja toimitusaika-arviot joudutaan päättämään enemmän tai vähemmän arvaukseen perustuen. Ja tämän lisäksi vaiheajat ovat täysin riippuvaisia työntekijästä. Tästä aiheutuu omanlaiset haasteet sellaisissa yrityksissä, joissa on paljon manuaalista työtä, kuten kokoonpano ja asetustyöt. Tämä olisi hyvä osata huomioida kuormitusvaiheessa. Hienokuormitus usein tehdään päivän tarkkuudella. Monet tutkimukseen osallistuneet yritykset kertoivat, että heidän toiveena olisi lisätä suunnittelutarkkuutta ja siirtyä päivätason kuormittamisesta vuoro- tai tuntitason kuormittamista kohti. Tällä saisi mahdolliseksi läpimenoaikojen lyhentämisen, suunnittelutarkkuuden parantaminen ei kuitenkaan ole mahdollista ERP-järjestelmässä. (LeanMES, 2014)

### **Lattiatason ohjaus**

Lähes kaikki tutkimuksen yritykset ohjaavat lattiatason toimintaa edelleen paperisin työmääräimin. Ne yritykset, joissa on otettu käyttöön MES-toiminnallisuutta, työjonot näytetään usein suoraan järjestelmästä, eikä paperisia työmääräimiä enää välttämättä tarvita. Lattiatason hienokuormittamisella ja työn ohjauksella paperisin työmääräimin on hankalaa hyödyntää historiatietoja myöhemmin esimerkiksi ”millä koneella tehtiin ja miten meni?”. Lattiatasolla ilmenevät ongelmat tai muutokset, kuten poissaolot tai konerikot, eivät suoraan päivitty ylöspäin ERP-järjestelmään. Hyvin harva yritys kertoi päivittävänsä järjestelmää toteuman perusteella.

Monissa PK-yrityksissä lattiatason työntekijät voivat itse vaikuttaa työjärjestykseen ja näin minimoidaan työkalunvaihtoja ja muita asetustöitä. Tämän seurauksena kuitenkin muutamissa yrityksissä on johtanut siihen, että tuotteita valmistetaan liian aikaisin. Eli valmistukseen otetaan tuotteita, joiden toimitus on sovittu vasta kahden viikon päähän. Lisäksi on havaittu myös sellaista, että jos vaihtoehtoja on tarjolla, työmääräinnipusta hyvin usein valitaan helpoimmat työt ensimmäisenä tehtäväksi. Muutama yritys sanoi hyödyntävänsä visuaalista imuohjausta lattiatason tuotannonohjauksessa, eli tyhjä varastopaikka tai laatikko toimi impulssina osavalmistukselle tai alikokoonpanolle. Tarkasti noudatetut yhteiset pelisäännöt toimivat perustana visuaalisen imuohjauksen toimivuudelle. Yli puolella tutkimuksen yrityksistä oli tarvetta lisätä lattiatason läpinäkyvyyttä töiden edistymiseen liittyen. Tieto reaaliaikaisesti mikä on tilausten tilanne, missä ne ovat menossa, kuinka kauan mihin-

kin vaiheeseen on mennyt ja ollaanko pysytty aikataulussa. Lisäksi toiveena olisi nähdä ja huomioida, jos jotain resurssia ole sillä hetkellä saatavilla, jotta ei turhaan valmistettaisi keskeneräistä tuotantoa lattialle lojumaan. Tarve MES-järjestelmälle yritysten kesken oli siis selkeästi havaittavissa. (LeanMES, 2014)

### **Kuittaukset**

Karkeasti puolet tutkimukseen osallistuneista yrityksistä kuittaa töiden aloituksen ja lopetuksen johonkin järjestelmään. Kuittauksen tekoon ei kuitenkaan ole mitään kunnollista pakotetta tai automaattista systeemiä. Monessa yrityksessä kuittaukset tehdään epämääräisesti, kuittaus saattaa unohtua tai joskus alku- ja loppukuittaus tehdään yhtä aikaa työn tai vasta päivän päätteeksi. Tämän takia kuittauksilla ei voi saada luotettavaa tietoa esimerkiksi työn kestosta. Muutamat yritykset kertoivat kuittaavansa töiden vaihekestot paperidokumenttiin, eikä sitä kerättyä tietoa sitten enää hyödynnetty jälkikäteen. Varsinkin kokoonpanotyyppisessä tuotannossa vaihekohtaiset kuittaukset olivat harvinaisia. Yleensä kuitataan vain suurempia kokonaisuuksia, kun työtä ollaan siirtämässä seuraavalle työpisteelle. Tästä aiheutuu sekaantumisia etenkin vuorovaihdon yhteydessä, kuten aamuvuoro ei välttämättä saa tietoa siitä mihin iltavuoro oli jäänyt, jos muistilappua ei ollut kirjoitettu. Muutamat yritykset valittelivat sitä, että kuittausten teko ERP-järjestelmään on hidasta ja hankalaa, josta selkeänä tarpeena ilmeni, että niin töiden kuittaminen kuin tuntienkin kirjaaminen erilaisille töille, pitäisi olla paljon helpompaa ja mielellään tapahduttava ”yhdellä klikkauksella”. (LeanMES, 2014)

### **Standardiajat ja historiatieto**

Vain kolme yritystä mainitsi käyttävänsä MOST-menetelmää (Maynard Operation Sequence Technique) standardiaikojen määrittämiseen. Pari muuta yritystä mainitsivat myös kellottavansa vaiheaikoja. Lopuilla yrityksillä on lähinnä vain karkeat arviot eri työvaiheiden kestosta. Yllättävän harvat yritykset kertoivat päivittävänsä standardiaikoja toteutuneiden aikojen perusteella aktiivisesti. Luultavasti tämä on seurausta siitä, että luotettavaa tietoa toteutuneista ei ole saatavilla, koska kuittauksia tehdään epämääräisesti. Etenkin monimutkaisia projektimaisia tuotteita valmistavat yritykset kertoivat, että kokoonpanoajat perustuotteiden osalta on tiedossa hyvinkin tarkasti, mutta räätälöitävissä kokonaisuuksissa toteuma voi vaihdella erittäin suuresti jopa 200% arvioidusta. Lisäksi sitä korostettiin, että työvaiheiden kestot ovat hyvin riippuvaisia henkilön tehokkuudesta. Eräs yritys kertoi aloittaneen seuraamaan työaikoja henkilöittäin. Vaiheaikojen ja yksittäisen työn kuormittavuuden arviointiin omana haasteena aiheuttaa monikonekäyttö, eli kun sama henkilö valvoo montaa eri työtä ja konetta samaan aikaan.

Tarpeena monella yrityksellä on historiatietojen tehokkaampi kerääminen tuotannosta ja etenkin sen systemaattisempi hyödyntäminen. Paperidokumenttien käyttö koettiin ongelmana, koska siihen kerätty tieto hyvin usein jää vain siihen paperille, sitä ei ole linkitetty nimikkeen tietoihin, eikä myöhemmin ole kovinkaan helposti löydettävissä ja hyödynnettävissä. Esimerkkinä on mahdotonta reaaliaikaisesti reagoida häiriöihin, jos tuotannon häiriötilanteet kirjataan paperille. (LeanMES, 2014)

## Muutostilanteet

Alihankintayrityksissä selvästi eniten muutoksia ja sekavuutta lattiatasolla aiheuttavat asiakkaiden yllättävät kiiretilaukset ja konerikot. Niistä seurauksena aiheutuu uudelleenaikataulutusta, joka on erittäin työläs ja aikaa vievä prosessi toteuttaa tuotannonsuunnittelussa ja –ohjauksessa käytettävillä ERP-järjestelmällä ja Excel-taulukoilla. Kiiretilauksia otetaan vastaan, koska asiakasta halutaan palvella mahdollisimman hyvin. Yrityksillä olisi toiveissa järjestelmä, jolla olisi mahdollista simuloida muutosten kokonaisvaikutus sekä helposti toteutettava töiden nopea ja joustava uudelleenjärjestely. Päämiesyrityksissä selkeästi eniten häiriöitä tuotannossa aiheutuu osapuutteista ja toimittajien laatu- virheistä. Jokainen tutkimuksen päämiesyritys sanoi, että kyseisiä ongelmia ilmenee viikoittain, ellei jopa myös päivittäin. Työt joudutaan uudelleenaikatauluttamaan sen perusteella, mihin on osia saatavilla. Kokoonpanotuotannossa on erittäin tärkeää korkea toimitusvarmuus alihankintaverkostolta. Vaikka yksittäisellä toimittajalla toimitusvarmuus olisikin korkea, jos samaan työhön joudutaan tilaamaan komponentteja muiltakin toimittajilta, riski siihen, että jotain puuttuu kasvaa nopeasti. Asiakkaan tilauksiin ja spekseihin ilmenevät myöhäiset muutokset ovat eräänä keskeisimpänä haasteena monella omia tuotteita valmistavalla yrityksellä. (LeanMES, 2014)

## Materiaalin hallinta

Monissa tutkimukseen osallistuneissa yrityksissä materiaalin hallinnalle useita eri strategioita. Bulkkitavara ja monessa tapauksessa myös monesti toistuvat nimikkeet olivat imuohjauksessa, joka oli toteutettu visuaalisin menetelmin tai hälytysrajoihin perustuen suoraan ERP-järjestelmään. Visuaalisena menetelmänä toimii perinteinen 2-laatikkojärjestelmä sekä tyhjä varastopaikka, josta ilmenee tarveimpulssi täydennykselle. Yrityksissä joissa valmistetaan omia tuotteita, yleisin ohjaustapa on tilausohjautuvat nimikkeet. Pienemmissä alihankintakonepajoissa hyvin yleinen tapa materiaalin hallinnassa on, että työntekijä ilmoittaa työnjohtajalle, kun materiaali on vähissä.

Enemmistö yrityksistä pyrkii hallitsemaan varastosaldon ERP-järjestelmässä, isommissa yrityksissä myös ostotarpeet pyritään hallitsemaan ERP:ssä. Useat yritykset raportoivat ongelmista varastosaldon hallinnassa, joita useimmin aiheuttavat saldovirheet. Näitä pääsee esiintymään muun muassa, jos tulee virhekappaleita, materiaalia saatetaan hakea lisää ilman, että sitä kirjataan ERP-järjestelmään. Muutamat yritykset raportoivat, että yhteisissä toimintatavoissa olisi kehitettävää, kuten varastojen tieto ei päivitty riittävän nopeasti ja materiaalit ovat kadoksissa, koska kirjausten teossa luistetaan. Korostusta sai myös aihe, että jos ostotarpeet generoidaan suoraan tilausten perusteella järjestelmässä, on hyvin tärkeää, että tuoterakenteet ovat kunnossa järjestelmässä. Muuten seurauksena ilmenee vääriä ostoja ja mahdollisia osapuutteita kokoonpanossa. Eräs yritys sanoi hallitsevansa melkein koko osavalmistustaan imuohjauksella visuaalisin menetelmin. Näitä nimikkeitä ei kirjata ollenkaan ERP-järjestelmässä vaan niiden hallinta tapahtuu visuaalisesti, laskenta ja tarkastelu hoidetaan silmämääräisesti ovatko saldon pysyneet min/max rajojen sisällä vai tarvitseeko täydennystä. Varastotasojen eikä niiden arvojen tiedettäminen ollenkaan järjestelmän kautta. Sama periaate toimii myös toimittajien kanssa, jotka tulevat pari kertaa viikossa tarkistamaan täydennystarpeen. Tähän toimintaan oltiin erittäin tyytyväisiä, eikä osapuutteita ilmene juuri ollenkaan.

Varastopaikkojen hallintaan oli hyvin vaihtelevia toimintatapoja, osalla yrityksistä on kaikille tuotteille oma selkeästi osoitettu varasto- ja hyllypaikka, joka löytyy ERP-järjestelmästä ja työkortista. Osalla

ei ole tuotteille omaa vakiopaikkaa, mutta jokainen paikka minne tuotteet siirretään, merkitään työkorttiin, joka helpottaa tuotteen löytämistä. Osalla sitten on määritetty tuotteille oma varasto, mutta ei nimettyä lavapaikkaa ja samalla lavalla saattaa olla useampia tuotteita/osia, eikä tietoa ole missään järjestelmässä. On myös muutamia tapauksia, joissa samaa tuotetta on useammilla lavoilla eri hyllyissä, joka hankaloittaa varastonhallintaa ja oikean tuotteen löytämistä entisestään. Muutamalla yrityksellä oli haasteena keskeneräisen tuotannon hallinnan systemaattisten toimintatapojen puute: Mihin keskeneräinen tuotanto viedään? Varastoon? Seuraavalle työpisteelle? Tästä aiheutuu paljon sekaannuksia, tuotteiden etsimistä ja ylimääräistä kommunikoinnin tarvetta lattiatasolla. (LeanMES, 2014)

### 6.3.3 Lean filosofia ja periaatteet

#### **Leanin tuntemus ja hyödyntäminen**

Suuremmissa yrityksissä Leanin tuntemus oli jonkin verran yleisempää kuin pienemmissä yrityksissä. Pienemmissä yrityksissä Lean tuntemus rajoittui lähinnä toimihenkilöihin. Lattiatason henkilöt ovat jääneet vähemmälle koulutukselle monessa yrityksessä. Vaikka Lean-periaatteiden tuntemus yrityksissä on laajahkoa, ainakan periaate tasolla, silti vain muutamat yritykset noudattavat Leanin-periaatteita ja sen tarjoamia työkaluja systemaattisesti. Hukkaa on pyritty poistamaan sekä varastoja ja keskeneräistä tuotantoa vähentämään. Vain muutama tutkimukseen osallistuneista yrityksistä kertoi tehneensä arvovirta-analyysiä omasta tuotannostaan. Käytännössä arvovirta-analyysillä tarkoitetaan kartoitusta, mitkä toiminnot tuottavat arvoa ja kuinka suuri osa läpimenoajasta on arvoa tuottavaa aikaa. Muutamat yritykset osoittivat kiinnostusta tähän ja nähtiin selvästi, että se voisi auttaa myös työntekijöitä ymmärtämään paremmin, mikä todellisuudessa tuottaa arvoa ja mikä on hukkaa. 5S oli tunnetuin Leanin työkalu, joka oli lähes kaikissa yrityksissä otettu käyttöön. Tutkimukseen liittyneissä tehdasvierailuissa kuitenkin ilmeni, ettei 5S:n soveltamista oltu kaikissa yrityksissä toteutettu kovinkaan systemaattisesti. 5S:n viides S eli seuranta oli jäänyt usein huomioimatta ja tämän takia siisteydessä ja järjestyksessä oli päästy lipsumaan.

Todella pieni osa yrityksistä kertoi systemaattisesti ratkovan juurisyitä ongelmille ja hyödyntävän ”viisi kertaa miksi?”-menetelmää. Muutamat yritykset ovat kuitenkin tietoisia siitä, että systemaattisella juurisyiden etsinnällä ja ratkomisella voisi saavuttaa suuriakin taloudellisia etuja ja se olisi edistävää kilpailutekijä tulevaisuudessa. Useimpien yritysten ajatusmalli oli vielä, että viat kyllä korjataan, mutta ei niiden aiheuttajaa, koska ei tiedetä mikä sen aiheuttaa.

Yksi hyvin selkeä havaittu haaste monella yrityksellä on se, että haluja olisi ottaa käyttöön Leanin työkaluja, mutta resurssien puutteen takia tämä ei ole ollut mahdollista. Paljon on saatu aloitettua, mutta vähintään yhtä paljon on jäänyt kesken. Tällä on negatiivinen vaikutus henkilöstöön, koska mitään ei saada valmiiksi asian suhteen. Monet yritykset ovat unohtaneet, että Lean on alkujaan jatkuvaa parantamista, eikä vain yksittäinen projekti. Lean vaatii jatkuvaa ylläpitoa, seuraamista ja kehittämistä. Toinen havaittu puute oli henkilöstön sitoutuminen ja osallistuminen jatkuvaan parantamiseen. Vain muutamalla yrityksellä oli toimiva jatkuvan parantamisen järjestelmä. (LeanMES, 2014)

### **Virtaustehokkuus**

Noin 75% tutkimuksen yrityksistä kertoi läpimenoajan lyhentämisen hyvin tärkeäksi tavoitteeksi. Loppujen yritysten mielestä nopea läpimenoaika on tärkeää, mutta olivat mielestään saaneet sen jo riittävälle tasolle tai sanoivat, ettei asiakas vaadi välttämättä nopeampaa läpimenoa nykyiseen verrattuna. Muutamat yritykset vastasivat paradoksaalisesti, että läpimenoajat haluttaisi lyhyemmäksi, mutta samalla tehdä suuremmissa erissä. Pitkät asetusajat suosivat pitkiä sarjoja. JIT (Just In Time, juuri oikeaan aikaan) ohjaustapa nähtiin hyvinkin tärkeänä etenkin isoissa yrityksissä. Haasteita tähän tulee aiheuttamaan alihankintaverkoston ja oman toiminnan synkronointi. Leanin mukaisen imuohjautuvan jatkuvan virtauksen toteuttaminen tulee olemaan hankalaa, koska usealla yrityksellä tuotteet sisältävät paljon asiakaskohtaista räätälöintiä, joka aiheuttaa variaatiota prosessiin. (LeanMES, 2014)

### **Prosessien standardointi ja työohjeet**

Useat yritykset vastasivat, että työohjeissa voisi olla parantamisen varaa. Tutkimukseen kuuluneiden yritysten kokeneet työntekijät olivat sitä mieltä, että nykyinen taso on ihan riittävä. Vuokratyövoimaa tai työkiertoa käytettäessä kunnolliset työohjeet koettiin kuitenkin tärkeiksi. Työohjeet ovat monissa yrityksessä vielä paperisina, mutta tavoitteena olisi siirtyä pikkuhiljaa kohti digitaalisia, helpommin päivitettäviä ja visuaalisia työohjeita.

Lähes puolet tutkimukseen osallistuneista yrityksistä kertoi, että heillä on käytössään laatukäsikirja ja pohjalta standardoidut prosessit. Näiden prosessikuvausten yhteyttä todellisiin prosesseihin ei kuitenkaan koettu aina täysin mutkattomana. Useat PK-alihankintayrityksen ovat aktiivisesti käynnistäneet prosessien kuvaamista. (LeanMES, 2014)

## **6.3.4 Yhteenveto**

Haastatteluiden tuloksista yllättävänä asiana oli se, että hyvin harva yrityksistä oli edes kuullut MES- tai APS-järjestelmistä. Lähes kaikki uskoivat, että ERP-järjestelmällä tarkoitetaan samaa kuin tuotannonsuunnittelu ja -ohjausjärjestelmällä, mutta todellisuudessa ERP-järjestelmät ovat tarkoitettu alun perin lähinnä taloushallinnon järjestelmäksi. MES-järjestelmä on lähinnä tarkoitettu tuotannon operatiivisten toimintojen hallintaan ja tiedon välittämiseen ERP-järjestelmän ja tuotantoresurssien välillä. APS-järjestelmä on tarkoitettu tuotannon suunnitteluun ja hienokuormitukseen ennen operatiivisia toimintoja. Vaikka monissa yrityksissä on havaittu tarpeita tietyille MES/APS tason toiminnoille, varsinaisia järjestelmiä ei ole osattu lähteä tutkimaan. Järjestelmien tietoisuuden puute on seurausta siitä, että nykyiset MES/APS-järjestelmätoimittajamarkkinat ja hajautuneet ja järjestäytymättömät. Suurin osa tutkimuksessa havaituista ongelmista johtuu siitä, että asioita yritetään tehdä väärillä järjestelmillä. Moni yritys uskoi, että ERP-järjestelmän systemaattisemmalla hyödyntämisellä organisaation läpi voidaan ratkaista monia tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen ongelmista. ERP:llä ei ole mahdollista ratkaista tuotannon suunnittelun simulointiin ja hienokuormitukseen liittyviä ongelmia, karkeakuormitukseen sitä voi hyödyntää. ERP-järjestelmä ei tarjoa reaaliaikaista takaisinkytkentää tehtaan lattiatasolta takaisin suunnitteluun. Tätä varten tarvitaan tuotannonsuunnittelu ja -ohjausjärjestelmä, joka mahdollistaa tuotannon lattiatason reaaliaikaisen seurannan ja siten tarkemman



suunnittelun ja nopean reagoinnin mahdollisesti ilmeneviin häiriö- ja muutostilanteisiin. Kaikkia ongelmia ei tietenkään ole mitenkään mahdollista ratkaista IT-järjestelmillä, mutta oikeanlaisilla tietojärjestelmillä voidaan helpottaa sopeutumista dynaamiseen toimintaympäristöön, koska reaaliaikainen tieto muutoksista on jatkuvasti kaikkien toimijoiden saatavilla.

Tulevaisuuden tuotannon tietojärjestelmien tulee vähentää manuaalista työtä ja siten parantaa tiedon luotettavuutta ja toiminnan tehokkuutta, sekä tuottaa parempaa läpinäkyvyyttä eri toimintojen välille. Tutkimuksessa haluttiin korostaa ihmisen roolia ja sitä, ettei kone (MES/APS) saa korvata ihmistä. Käskyjen tulee jatkossakin tulla ihmiseltä ja ihmisellä tulee pysyä hallinnan tunne omaan työhön. Tulevaisuuden tietojärjestelmillä ei olekaan tavoitteena poistaa ihmistä prosessista vaan helpottaa ihmisen työtä tarjoamalla tarvittavaa työtä nopeasti ja visuaalisesti ilman, että aikaa kuluu etsimiseen ja tämän seurauksena antaa ihmisen keskittyä arvoa tuottavaan toimintaan ja mahdollistaa päätöksentekoa järjestelmästä saadun tiedon pohjalta. (LeanMES, 2014)

## 7 TUOTANNONOHJAUS SIMETEKILLÄ

### 7.1 Tuotannonohjaus toimintakäsikirjan mukaan

Salassa pidettävää tietoa.

## 7.2 Tuotannonohjaus käytännössä

Salassa pidettävää tietoa.

## 7.3 Kuinka tuotannonohjaus on muuttunut toimintakäsikirjan mallista

Salassa pidettävää tietoa.

#### 7.4 Tuotannonohjaukseen liittyvät kehitysehdotukset

Salassa pidettävää tietoa.

## 8 TUOTANNONOHJAUSJÄRJESTELMÄ TOIMITTAJAT SUOMESSA

Suomesta löytyy nykyisin useita tuotannonohjausjärjestelmien toimittajia. Yleistä näillä toimittajilla on, että he lupaavat tarjota kokonaisvaltaisia palveluita tuotannon tehostuskonsultointeja, tuotannon simulointeja ja järjestelmätoimituksia. Useat toimittajat ylläpitävät omaa tuotekehitystä, joka jatkuvasti kehittää järjestelmiä ja mahdollistavat asiakkaan asettamia vaatimuksia järjestelmään. Oma tuotekehitys on merkittävä etu, koska useimmiten tuotannonohjausjärjestelmiin joudutaan tekemään asiakaskohtaisia räätälöintejä, jotta järjestelmä saadaan optimoitua asiakkaan tuotantoprosessiin. Tällä saadaan ehkäistyä asiakkaan omia kompromisseja järjestelmän suhteen, jos asiakkaan omiin prosesseihin ei tarvitse tehdä muutoksia.

### 8.1 Toimittajan valintaprosessi

MES- ja APS-järjestelmätoimittajien valintaan voidaan käyttää apuna samoja työkaluja kuin missä tahansa järjestelmä- tai muussa vastaavassa hankintaprosessissa. Yleisin avainkysymys on, että mitä nykyisessä tilanteessa halutaan muuttaa. Yrityksen tulisi selkeyttää itselleen mitä järjestelmällä halutaan kehittää ja miten kehitys voidaan mitata, ennen kuin lähestytään potentiaalisia toimittajia. Tässä vaiheessa yrityksen olisi hyvä laatia järjestelmävaatimusedokumentti, jossa järjestelmän tarpeet ja vaatimukset on tuotu esille ainakin yleisellä tasolla.

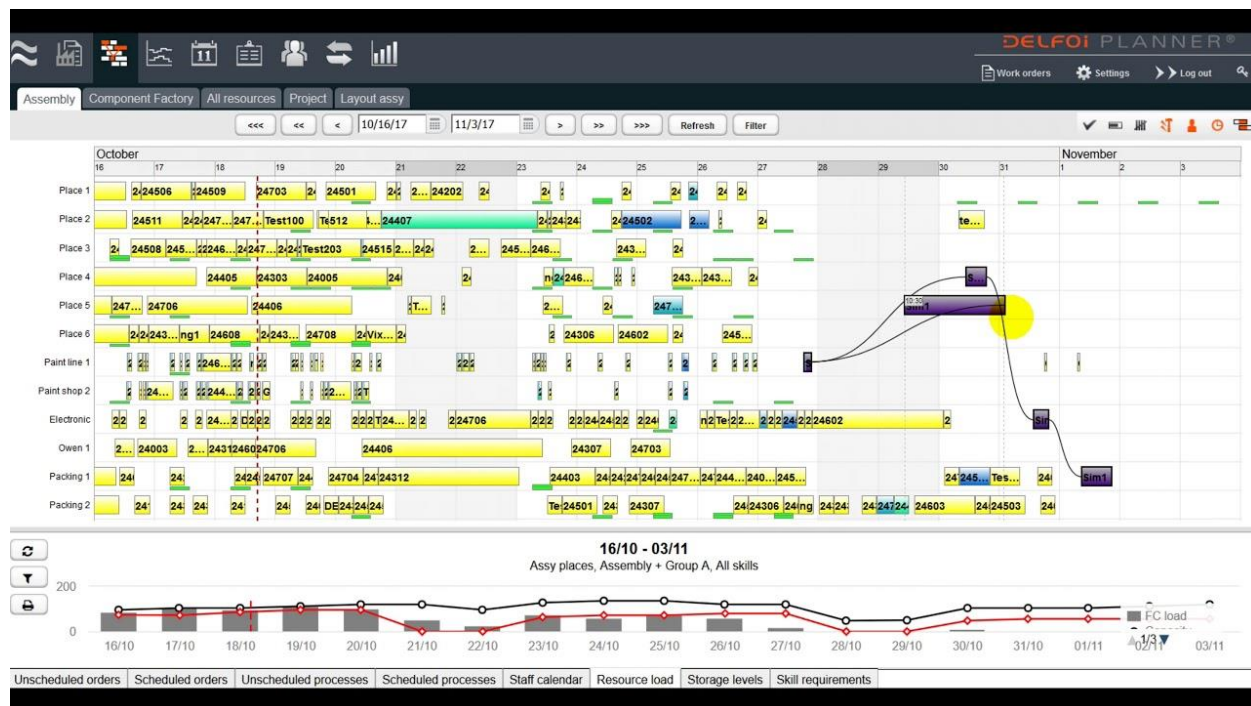
Valintaprosessi on hyvä aloittaa tekemällä listaus potentiaalisista toimittajista, joiden tarjoamat palvelut voisivat mahdollisesti täyttää täysin tai ainakin osittain määritellyt vaatimukset. Kun potentiaalisimmat toimittajat on saatu kartoitettua, voidaan lähestyä toimittajia kysymällä lisätietoja heidän tarjoamista järjestelmistä. Samalla voi lähettää toimittajalle järjestelmävaatimusedokumentin, jotta toimittaja pääsee tutustumaan tarkemmin yrityksen vaatimuksiin järjestelmältä.

Seuraavana voidaan sopia tapaamisia toimittajien kanssa. Tapaamisten tarkoituksena on vastata kysymyksiin puolin ja toisin. Toimittaja voi halutessaan pitää yritysesittelyn ja selittää tarkemmin järjestelmistä joita he ovat tarjoamassa. Samalla toimittaja voi esitellä järjestelmää asiakasyritykselle yleisesti, jotta järjestelmän rakenteeseen saadaan selvyys.

Hyvänä lisänä olisi suotavaa sopia referenssikäyntejä saman tyyppisissä yrityksissä, joissa pääsee näkemään järjestelmän toimivuuden käytännössä.

## 8.2 Delfoi Oy

Delfoi Oy on pohjoismainen vuonna 1990 perustettu tuotannonsuunnittelun ja digitaalisen valmistuksen ratkaisutoimittaja. Toimittajalla on kolme palvelua, joita he tarjoavat: Delfoi Lean, Delfoi Planner ja Delfoi Robotics. (Hienokuormitus, 2019).



Kuva 4. Delfoi Planner tuotannonsuunnittelunäkymä (Hienokuormitus, 2019).

Tuotannonsuunnittelunäkymässä voidaan seurata tuotannon edistymistä reaaliajassa. Palkkien väri muuttuu tilan perusteella. Palkit muodostavat oman kokonaisuuden, jotka voivat tarkoittaa tuotannon näkökulmasta sitä, että ketjun yksi tietty palkki kuvastaa omaa työvaihetta tuotannossa. Palkit voidaan helposti sijoittaa Gantt-taulukkoon "drag and drop" periaatteella, jos suunnitelmia halutaan muuttaa. Järjestelmä osaa varoittaa visuaalisin symbolein, jos suunnitelman muutosehdotusta ei ole mahdollista toteuttaa.

Tätä projektityötä ajatellen merkittävimpiä asiakkaita toimittajalla on Normek Oy, Mantsinen Group sekä Valmet Technologies. (Hienokuormitus, 2019)

## 8.3 Skycode Oy

Skycode Oy on suomalainen teknologiariippumaton ohjelmointiyritys, joka valmistaa räätälöityjä ohjelmistoja erityisesti teollisuuden käyttöön. Toimittajan tarjoamiin palveluihin kuuluvat muun muassa ERP-ohjelmiin integroitavia lisäosia (C9000 ja Lemonsoft), räätälöidyt tekoälyt tuotannon tai varaston optimointiin, jälkilaskenta-ohjelmat tuotannon kannattavuuden arviointiin. Asiakkaina heillä ovat Hahtolan Liha Oy, Escarmat Oy ja Timaco Oy. (Skycode, 2019)

Skycode tarjoaa omaa SkyPlanner hienokuormitusjärjestelmää, joka toimii yhteistyössä CGI:n C9000-järjestelmän kanssa. Hienokuormitus on toteutettu SkyPlannerissa helpoksi ja monipuoliseksi.

Ohjelmistolla tuotannonsuunnittelu työjonot saadaan järjestettyä siten, että saadaan maksimoitua tuotannon tehokkuus ja läpimenoajat. SkyPlanner hienokuormitusohjelmisto tarjoaa kehittyneellä ja oppivalla tekoälyllä tuotannonsuunnittelijalle ehdotuksiaärkevimmistä tavoista järjestää työt. Järjestelmän käyttäjä pääsee hyväksymään ja muokkaamaan tekoälyn ehdotuksia, eli päätösvalta säilyy itse käyttäjällä. Tekoälyn ehdotukset perustuvat yrityksen tuotannon aiempaan historiaan ja järjestelmä osaa etsiä järjestyksen, jolla kaikki työt voisi olla mahdollista saada kiireisessä tilanteessa toimitettua ajoissa asiakkaille.

Helppokäyttöisessä hienokuormitusnäkyssä on mahdollista raahata aloitusvalmiit työt työpisteiden työjonoille ”drag & drop” menetelmällä, josta pääsee heti näkemään töiden valmistumisaajat ja tuotannon käyttöasteet. Yllättävien tilanteiden ilmetessä, töiden uudelleenjärjestäminen on nopeaa. Tekoälylle on mahdollista antaa hienokuormituksen prioriteetit, jolloin se etsii työjärjestyksen vastaamaan sille asetettuja toiveita.

Hienokuormitusohjelma reagoi, jos jokin kuormitettu työ on myöhästymässä, jolloin työn voi priorisoida uudelleen. (SkyPlanner, 2019)

#### 8.4 SW-Development Oy

SW-Development Oy on suomalainen vuonna 1995 perustettu perheyritys. Toimintasektorina yrityksellä on valmistava teollisuus Skandinavian ja Baltian alueella.

Yritys tarjoaa palveluinaan SWD PES –järjestelmäratkaisuja, SWD Lean-services –kehityspalveluita ja Enterprise Dynamics –lissenssejä. SWD omistaa integrointisertifikaatit SAP:lle ja Microsoft Dynamics:lle.

SWD PES-järjestelmä (Planning Efficiency System) on alusta, johon on mahdollista hankkia erilaisia moduuleita oman käyttötarpeen mukaisesti. Moduuleilla voidaan kattaa tuotannonsuunnittelu, tuotannonohjaus, resurssi-, myynti-, hankinta- sekä kuljetus- ja logistiikkasuunnittelu.

APS-toiminto järjestelmässä perustuu reaaliaikaiseen laskentaan. APS:llä saadaan tuotettua selkeä kokonaiskuva kannattavimmista tuotantoskenaarioista, johon käytetään apuna simulointia ja optimointia. APS:llä voidaan myös huomioida erilaiset suunnittelumittarit, -säännöt ja -rajoitteet, sekä järjestelmä ilmoittaa, jos ilmenee mahdollisia materiaali- ja resurssipuutteita.

Tuotannonsuunnittelu toteutetaan visuaalisessa GANTT-aulukossa ”drag & drop”-menetelmällä. Suunnittelun aikana on mahdollista seurata reaaliaikaista dataa kuormituksesta eri prosessivaiheissa. APS:llä saadaan katettua sekä karkea- että hienokuormitus.

SWD PES –järjestelmään voidaan lisätä myös MES-toiminto, jolla voidaan mahdollistaa tuotannon tuotantosuunnitelman ja toteuman seuranta. Työjonot, työohjeet ja työkuvat voidaan esittää työpiste-kohtaisesti. Tarvittava raportointi on mahdollista suorittaa suoraan työpisteeltä järjestelmään. Prosessilaitteilta on mahdollista kerätä laitekohtaista dataa järjestelmään analysointia ja mittarointia varten.

SWD:n asiakkaita ovat muun muassa Volvo, Sandvik ja Olvi. (Ratkaisut, 2019)

## 9 MATERIAALIHALLINTO JA VARASTOINTI

Salassa pidettävää tietoa.

## 9.1 Kehitysideat

Salassa pidettävää tietoa.



## 10 YHTEENVETO

Salassa pidettävää tietoa.

## 10.1 Kehityksen askeleet eteenpäin

Salassa pidettävää tietoa.

## 11 LÄHDELUETTELO

- 5S Kehitystyökalu*. (15. 1. 2013). Haettu 1. 5. 2019 osoitteesta SixSigma:  
<http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyökalu/>
- Advanced Planning Scheduling*. (18. 2. 2009). Haettu 1. 5. 2019 osoitteesta Slideshare:  
<https://www.slideshare.net/anandsubramaniam/Advance-Planning-Scheduling>
- Benchmarking*. (2019). Haettu 1. 5. 2019 osoitteesta UEF: <http://www.uef.fi/benchmarking>
- Haverila, M.;Uusi-Rauva, E.;Kouri, I.;& Miettinen, A. (2009). *Teollisuustalous*. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy.  
 Haettu 25. 4. 2019
- Hienokuormitus*. (2019). Haettu 1. 5. 2019 osoitteesta Delfoi:  
[https://www.delfoi.com/web/products/delfoi\\_planner/fi\\_FI/hienokuormitus-delfoi-aps/](https://www.delfoi.com/web/products/delfoi_planner/fi_FI/hienokuormitus-delfoi-aps/)
- Imuohjaus*. (2019). Haettu 1. 5. 2019 osoitteesta Logistiikanmaailma:  
<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>
- Kouri, I. (2014). *LEAN Taskukirja*. Helsinki: Teknologiateollisuus ry.
- Lapinleimu, I.;Kauppinen, V.;& Torvinen, S. (1997). *Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät*. Porvoo: WSOY.
- LeanMES*. (2014). Haettu 1. 5. 2019 osoitteesta Tampereen teknillinen yliopisto:  
[https://wiki.tut.fi/pub/LeanMES/Reports/LeanMES\\_Tuotannonsuunnittelu\\_ja\\_ohjaus\\_suomalaisissa\\_yrityksiss\\_julkisen\\_FINAL.pdf](https://wiki.tut.fi/pub/LeanMES/Reports/LeanMES_Tuotannonsuunnittelu_ja_ohjaus_suomalaisissa_yrityksiss_julkisen_FINAL.pdf)
- Martin, T. (2018). *Tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen kehittäminen IT-järjestelmien avulla*. Haettu 1. 5. 2019 osoitteesta Theseus:  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/145124/Martin\\_Tom.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/145124/Martin_Tom.pdf?sequence=1)
- Multanen, S. (2016). *Tuotannonohjauksen kehittäminen konepajassa*. Haettu 1. 5. 2019 osoitteesta Theseus:  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/112199/Multanen\\_Sami.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/112199/Multanen_Sami.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ratkaisut*. (2019). Haettu 1. 5. 2019 osoitteesta SWD: <https://swd.fi/ratkaisut/>
- Ratkaisut*. (2019). Haettu 1. 5. 2019 osoitteesta Leanware: <https://leanware.fi/fi/ratkaisut/>
- Roivainen, T. (2018). *Toimintakäsikirja Simetek Works Oy*.
- Simetek*. (2019). Haettu 1. 5. 2019 osoitteesta Simetek: <https://www.simetek.com/>
- Skycode*. (2019). Haettu 1. 5. 2019 osoitteesta Itewiki: <https://www.itewiki.fi/skycode>
- SkyPlanner*. (2019). Haettu 15. 5. 2019 osoitteesta Skycode: <https://skycode.fi/skyplanner-hienokuormitus/>
- SOP*. (2019). Haettu 10. 5. 2019 osoitteesta Logistiikanmaailma:  
<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/sop-sales-and-operations-planning/>
- Tolvanen, A. (2013). *Pk-yrityksen tuotannonohjaus*. Haettu 15. 4. 2019 osoitteesta Theseus:  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/67252/Antero\\_Tolvanen.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/67252/Antero_Tolvanen.pdf?sequence=2&isAllowed=y)